

**Uusiutuvin menetelmin tuotetun sähkön, talouskasvun ja päästöjen väliset  
ennustevaikutukset Pohjoismaissa**

Itä-Suomen yliopisto

Pro Gradu-tutkielma

Yhteiskuntatieteiden ja  
kauppatieteiden tiedekunta

Kansantaloustiede

Riikka Ahonen 170 559

Marraskuu 2013

## ***Tiivistelmä***

### **ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO**

Tiedekunta		Yksikkö	
<b>Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta</b>		<b>Sosiaali- ja terveysjohtamisen laitos</b>	
Tekijä			
<b>Riikka Ahonen</b>			
Työn nimi			
<b>Uusiutuvien menetelmien tuotetun sähkön, talouskasvun ja päästöjen väliset ennustevaikutukset Pohjoismaissa</b>			
Pääaine	Työn laji	Aika	Sivuja
<b>Kansantaloustiede</b>	<b>Pro gradu</b>	<b>15.11.2013</b>	<b>72 (+ 24)</b>
Tiivistelmä			
<p>Uusiutuvilla menetelmillä tuotetun sähkön osuus on lisääntynyt viime vuosina ympäri maailman. Kuitenkaan uusiutuvat menetelmät sähkön lähteenä eivät ole välttämättä kilpailukykyisiä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin tai ydinvoimaan, tosin sillä on muita etuja perinteisiin sähköntuotantomenetelmiin verrattuna. Näistä syistä uusiutuvien menetelmien tuotettua sähköä (uusiutuva sähkö, RE) tuetaan usein poliittisin ohjauksin. Poliittisen päätöksenteon kannalta on tärkeää selvittää uusiutuvan sähkön, talouskasvun ja päästöjen välisiä syy-seuraussuhteita jotta ratkaisusta seuraavat mahdolliset ongelmat ja hyödyt on tiedostettu. Tässä tutkielmassa näitä relaatioita on pyritty selvittämään testaamalla ennustevaikutuksen suunta eli Granger-kausaalisuutta Pohjoismaissa.</p> <p>Testaamiseen käytetään viittä eri muuttujaa: uusiutuvan sähkön tuotantoa, bruttokansantuotetta, mitä käytetään talouskehityksen mittarina, hiilidioksidipäästöjä sekä kontrollimuuttujia pääomakantaa ja työllisten määrää. Muuttujien välistä Granger-kausaalisuutta testataan Toda-Yamamoto prosessin mukaisesti. Yksinkertaistettuna prosessi on seuraava (Toda ja Yamamoto 1995, Dolado ja Lütkepohl 1996): ensin tarkastellaan muuttujien stationaarisuutta ja määritellään <math>d_{\max}</math> suurimman integroituneisuuden asteen mukaisesti. Tämän jälkeen muodostetaan vektori autoregressio (VAR) -malli logaritmisin muuttujin viiverakenteella <math>p+d_{\max}</math>. Viimeiseksi Granger-kausaalisuuden toteaminen tapahtuu Waldin rajoitetestauksen mukaisesti. Jokaisen maan kohdalla havaittiin Granger-kausaalisuutta. Suomessa negatiivinen ennustevaikutus kulkee RE:stä talouskasvuun, Norjan kohdalla se on positiivista ja kahdensuuntaista. Islannissa, Ruotsissa ja Tanskassa talouskasvumuuttuja sisältää informaatiota uusiutuvasta sähköstä ja se viittaa positiiviseen kasvuun. Yhdensuuntaista päästöistä uusiutuvaan sähköön kulkevaa Granger-kausaalisuutta havaittiin Suomen, Tanskan ja Islannin kohdalla.</p>			

Toda-Yamamoto prosessista saatujen ennustettavuussuhteita verrataan yhteisintegraatiotestauksen (Johansenin ML-testaus) tuloksiin, mikä mahdollisesti vahvistaa havaitun relaation olemassaolon, muttei kuitenkaan poissulje sitä. Yhteisintegraatioregression avulla voidaan tulkita myös joustovaikutuksia, sillä sen avulla mallinnetaan pitkän aikavälin tasapainoa muuttujien välillä (Johansen ja Julius 1996). Jokaisen maan kohdalla havaittiin yhteisintegroituneisuutta, ja ne tukevat osittain Toda-Yamamoto –prosessin avulla havaittuja Granger-kausaalisuussuuntia. Merkittävimmät joustovaikutukset havaittiin kun uusiutuvan sähkön tuotantoa kasvatetaan prosentin verran talouskehitys heikentyy Suomessa (0,9%), Islannissa (0,2%) ja Tanskassa (0,1%). Lisäksi Ruotsissa päästöt lisääntyvät 2,4%, Islannissa, Tanskassa ja Norjassa ne laskevat 0,5%, 0,7% ja 3,8% jokaista prosentin kasvua uusiutuvassa sähkössä kohden.

Viimeiseksi havaittuja ennustevaikutuksia vertaillaan pareittain tehtyihin Granger-kausaalisuustesteihin (Granger 1969), joissa kontrollimuuttujien vaikutuksia ei ole huomioitu. Tulokset olivat maakohtaisia, ja useat Toda-Yamamoto prosessissa havaitut Granger-kausaalisuussuunnat jäivät havaitsematta.

Avainsanat

Uusiutuvien menetelmin tuotettu sähkö, talouskasvu, hiilidioksidipäästöt, Granger-kausaalisuus, Toda-Yamamoto

## Sisällysluettelo

1	Johdanto ja tutkimuskysymys .....	5
2	Pohjoismaiset sähkömarkkinat .....	9
2.1	Sähkön kysyntä ja tarjonta .....	9
2.1.1	Suomi .....	11
2.1.2	Tanska .....	12
2.1.3	Islanti .....	13
2.1.4	Norja .....	14
2.1.5	Ruotsi .....	14
2.2	Sähkön siirto ja energiaomavaraisuus .....	15
2.3	Energian tuotannon päästöt .....	19
2.4	Poliittinen ilmapiiri .....	21
2.4.1	Energiapolitiikan ohjauskeinot .....	21
2.4.2	Energiapoliittiset linjaukset Pohjoismaissa .....	22
3	Kirjallisuuskatsaus .....	24
3.1	Uusiutuvaa energiaa selittävät tekijät .....	24
3.2	Kirjallisuutta ennustettavuuden testauksesta .....	25
3.2.1	Tutkimusasetelmat ja valitut muuttujat .....	30
3.2.2	Tulokset .....	32
3.3	Muut tutkimukset .....	34
4	Empiirinen osio .....	36
4.1	Aineisto .....	36
4.1.1	Graafinen tarkastelu .....	37
4.1.2	Muuttujien korreloituneisuus .....	44

4.2	Tutkimusmenetelmä ja tulokset .....	45
4.2.1	Toda-Yamamoto –prosessi .....	45
4.2.1.1	Stationaarisuus .....	46
4.2.1.2	VAR-mallit .....	49
4.2.1.3	Granger-kausaalisuus.....	52
4.2.2	Johansenin yhteisintegraatiotestaus .....	54
4.2.3	Parittainen Granger-kausaalisuus.....	61
4.3	Tulosten yhteenvedo ja vertailu aiempiin tutkimustuloksiin .....	63
5	Pohdinta .....	67
6	Lähteet .....	69
7	Liitteet.....	73
	Liite 1. Muuttujien tilastollinen kuvailu.....	73
	Liite 2. Hajontakuviot .....	76
	Liite 3. VAR-mallien viiverakenteen valinta .....	79
	Liite 4. VAR-mallin virhetermin autokorreloituneisuus .....	80
	Liite 5. VAR-mallien tulosteet viiverakenteella ( $p+d_{\max}$ ) .....	84
	Liite 6. Parittaisten Granger-kausaalisuustestien tulosteet.....	95

## 1 Johdanto ja tutkimuskysymys

Uusiutuvan energiamuotojen hyödyntäminen sähköntuotannossa on lisääntynyt viime vuosina jokaisella mantereella (IEA 2013, s.18, 36-39). Kuitenkin uusiutuvien energiamuotojen hyödyistä ja haitoista on monia mielipiteitä, eikä aihetta ei ole tutkittu kattavasti. Tässä pro gradu -tutkielmassa etsitään vastausta kysymykseen, sisältääkö ”uusiutuvien energiamuodoin tuotettu sähkö” -tilasto informaatiota maan taloudellisesta kasvusta tai hiilidioksidipäästöistä Pohjoismaissa (Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa ja Islannissa). Ennustevaikutus, eli Granger-(ei)kausaalisuus<sup>1</sup> ei ole perinteinen syy-seuraussuhde, vaan kyse on ennemminkin informaation välisestä. Puhuttaessa termistä "Granger-aiheuttaa" (Granger cause), tai Granger-kausaalisuus, viitataan ilmiöön, missä aiemmat muuttujan arvot sisältävät informaatiota jonkin toisen muuttujan nykyisestä havainnosta. Tämä ei välttämättä tarkoita että tutkittava muuttuja aiheuttaa toisessa muuttujassa tapahtuneen muutoksen (Granger 1969).

Tutkimuksia uusiutuvan energian ja talouden kasvun välisestä Granger-kausaalisuudesta on saatavilla runsaasti, varsinkin 2010-luvulta. Useimmat aihepiirin tutkimukset on tehty paneeliaineistoin matalan tai nopean talouskasvun maista. Osaan näistä tutkimuksista on sisällytetty Pohjoismaat, kuitenkin maakohtaisia tutkimuksia on vain muutama, eikä pelkästään Pohjoismaihin keskittyviä tutkimuksia ole lainkaan. Myöskään tutkimuksia missä maita vertaillaan keskenään, ei ole monia. Ainoana esimerkkinä tästä on Sadorsky (2009a) tutkimus, mikä keskittyy G7 maiden tarkasteluun.

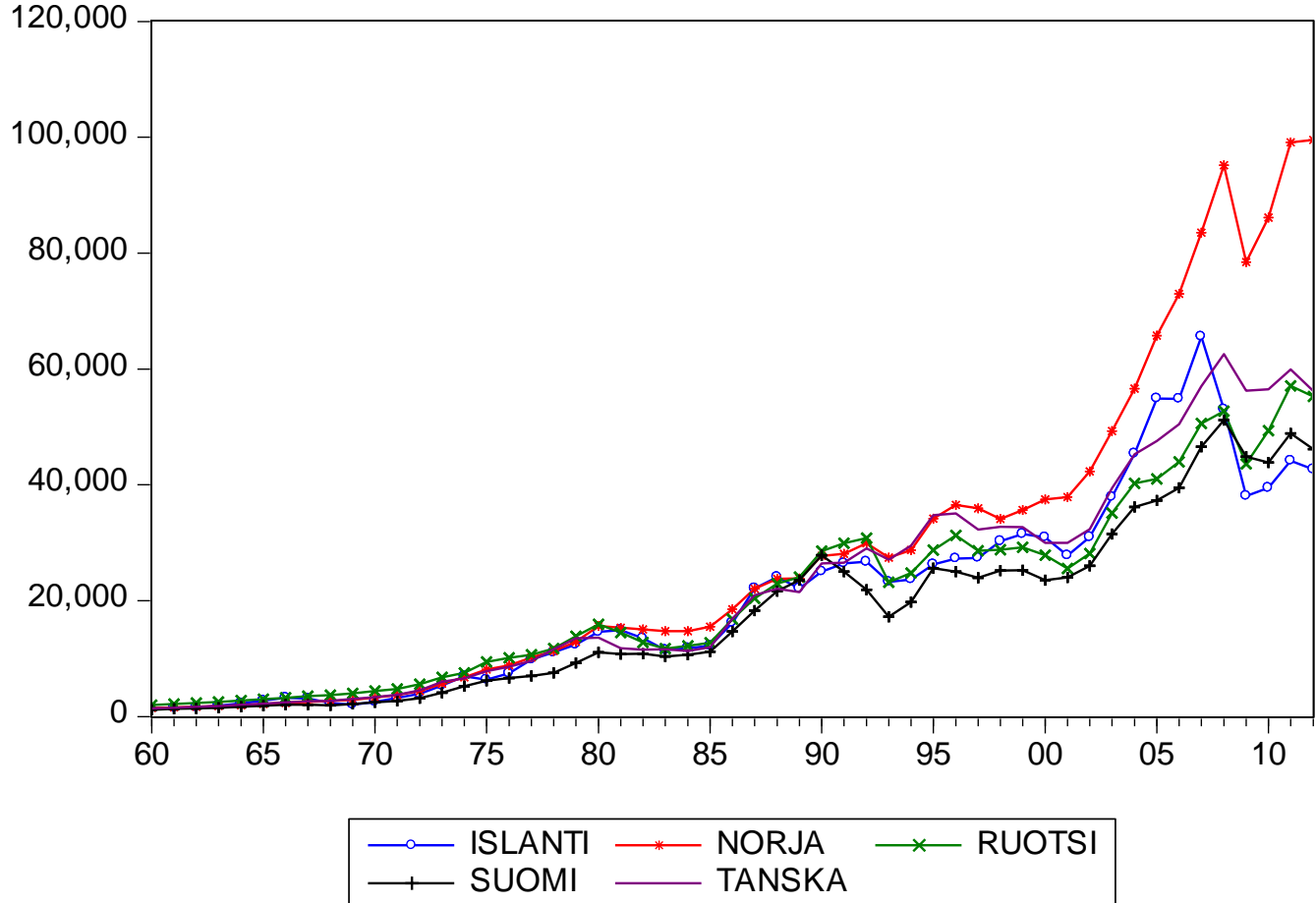
Pohjoismaiden toisiinsa vertailu tulee olemaan mielenkiintoista useasta syystä. Ensinnäkin maiden poliittisissa taustoissa on eroja: Suomi, Ruotsi ja Tanska kuuluvat Euroopan Unioniin (EU), mutta ainoastaan Suomi kuuluu euro-alueeseen. Toiseksi talouden rakenteelliset erot maiden välillä ovat suuria, vaikka talouden suhdannevaihtelut ovat olleet samankaltaisia aina 60-luvulta lähtien (Kuvio 1). Islannin talous on pitkälti rakentunut kalateollisuuden, alumiinin ja teräspiin (ferrosilicon) tuotannon ympärille (CIA 2013) Alumiinin tuotanto on runsaasti energiaa kuluttava teollisuuden ala ja sen tuotanto on kasvanut runsaasti 90-luvulta lähtien. Kuvion 1 perusteella Islanti on hieman muita maita alttiimpi talouden vaihteluille. Norjassa maakaasu- ja öljyteollisuus ovat talouden peruspilareita (IEA 2011a)

---

<sup>1</sup> Granger-(ei)kausaalisuudella viitataan testattavaan hypoteesiin, missä  $x$  ei aiheuta Granger-kausaalisuutta  $y$ :ssä. Mikäli hypoteesi voidaan hylätä viittaa se Granger-kausaalisuuden olemassa oloon. Jatkossa Granger-kausaalisuudella viitataan saman hypoteesin testaukseen.

Vuonna 2011 Norja oli maailman 10. suurin öljyn viejä (IEA 2013, 23). Vastaavasti myös Tanskassa tuotetaan maakaasua ja öljyä (IEA 2011b, 15). Ruotsin ja Suomen teollisuuden alat ovat hajautetummat. Suomen teollisuus perustuu monialaiseen tehdasteollisuuteen, mikä on täysin riippuvainen viennistä ja globaalin talouden tilanteesta (IEA 2007a, 14). Ruotsilla on Suomen tavoin vahvat metsä- ja mineraaliteollisuussektorit, mutta talous perustuu enemmänkin palveluteollisuuteen (IEA 2008, 15). Kolmanneksi sähkön tuotannon jakautuminen eri menetelmien välillä on maakohtaista, kuten seuraavassa osiossa havainnoidaan. Viimeiseksi, mielenkiintoiseksi maiden välisen vertailun tekee maiden samankaltaisuudet. Pohjoismailla on yhteinen ”imago”, mikä viittaa maiden rooliin kestävän energian suunnannäyttäjänä (IEA/Norden 2013, 8). Kuinka nämä eroavaisuuden ja samankaltaisuudet näkyvät ennustettavuussuhteissa?

**Kuvio 1. Talouden suhdannevaihtelut 1960-2012, asukaskohtainen BKT, mitattu US dollareissa (Lähde: Maailmanpankki 2013)**



Tutkielman aihepiiri on ajankohtainen myös poliittisesti, sillä Euroopan Unioni on asettanut vuoden 2020 tavoitteet uusiutuvan energian (RES) tuotannolle ja vuoden 2050 tavoitteita ollaan säätämässä. Lisäksi Pohjoismaiden omat vuoden 2050 tavoitteet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ovat kunnianhimoiset (IEA/Norden 2013): tavoitteena on olla täysin hiilidioksidineutraaleja yhteiskuntia vuoteen 2050 mennessä. Suomen, Tanskan ja Ruotsin on kasvatettava myös uusiutuvan energian tuotantoaan nopeasti, sillä RES 2020 tavoitteet ovat Suomelle 38%, Tanskalle 30% ja Ruotsille 49% kokonaisenergiantuotannosta, vuoden 2011 vastaavat tuotantomäärät maissa olivat 31,8%, 23,1% ja 46,9% (Eurostat 2013). Energian tuotantoon sähkön lisäksi lasketaan liikenteen polttoaineet sekä lämmön tuotanto. Oman ongelmansa tavoitteiden saavuttamiselle asettaa Euroopan taloudellinen epävakaus, ja siitä johtuvat uusiutuviin energiamuotoihin kohdennetut tukitoimien vähennykset (Euroopan komissio 2013). Islannilla ja Norjalla ei tämän kaltaisia tavoitteita ole, sillä niiden uusiutuvan sähkön tuotanto on jo ennestään korkea, kuten taulukosta 1 voidaan havaita. Toisaalta varsinkin Norjalla on suuria paineita panostaa energiatehokkaaseen ja uusiutuvia energiamuotoja suosiviin teknologioihin, vastapainona sen suurelle öljyteollisuudelle (IEA 2011a).

Granger-kausaalisuutta tarkastellaan tässä tutkielmassa kahdella eri metodilla: Toda-Yamamoto prosessin avulla sekä suorittaen parittaiset Granger-kausaalisuustestaukset. Toda-Yamamoto –prosessiin kuuluu stationaarisuuden tarkastelu (korkein integroitumisen aste,  $d_{\max}$ ), VAR mallien muodostus viiverakenteella  $p+d_{\max}$ , missä  $p$  viittaa optimaaliseen viivemäärään, sekä Waldin rajoitetestauksen avulla Granger-kausaalisuuden toteaminen.

Näiden testien lisäksi muuttujien välistä yhteisintegraatiota tarkastellaan Johansenin suurimman todennäköisyyden (ML, maximum likelihood) menetelmällä. Mikäli kaikki muuttujat tietyn maan osalta on integroituneet samaa astetta, tarkastellaan onko yhteisintegraatiovektoreita havaittavissa. Yhteisintegroituneisuus viittaa tilanteeseen missä usea muuttuja jakaa saman stokastisen trendin. Yhteisintegraatiovektoreiden havainnointi tapahtuu kahden testin avulla: trace- ja ominaisarvotestin avulla. Mikäli yhteisintegraatiovektoreita havaitaan, voidaan pitkän aikavälin tasapaino muodostaa ja näin tarkastella muuttujien välisiä joustovaikutuksia. Tämän lisäksi yhteisintegraation olemassa olo voi antaa vahvistuksen Granger-kausaalisuuden olemassa ololle.

Granger-kausaalisuuden tutkimiseen käytetään neljää eri hypoteesia, mitkä muodostavat samalla tutkimuskysymyksen. Hypoteesit perustuvat yleisesti energian tuotannon ja talouskasvun välisessä



tutkimuksessa käytettyihin hypoteeseihin (Ozturk 2010). Samaisia Granger-kausaalisuussuuntia sovelletaan myös päästöjen ja uusiutuvan sähkön välisen relaation tarkasteluun. Hypoteesien lisäksi tulee huomio kiinnittää Granger-kausaalisuuden positiivisuuteen.

1. ”Kasvuhypoteesi”: Uusiutuvan sähköntuotanto johtaa talouden kasvuun, mikä viittaa yhdensuuntaiseen Granger-kausaalisuuteen
2. ”Suojeluhypoteesi”: Talouden kasvu lisää uusiutuvan sähköntuotantoa, mikä on myöskin yhdensuuntaista Granger-kausaalisuutta
3. ”Palautehypoteesi”: Uusiutuvan sähköntuotannon ja talouskasvun välillä vallitsee toinen toistaan täydentävä suhde, eli kahdensuuntainen Granger-kausaalisuus
4. ”Neutraalisuushypoteesi”: Uusiutuvan sähköntuotannon ja talouden kasvun välillä ei ole Granger-kausaalisuutta

Näiden neljän hypoteesien paikkaansa pitävyyttä tutkitaan maakohtaisilla aikasarjoilla vuosilta 1960-2010. Tutkimusfunktiot ovat muotoa

$$(1) Y = f(RE, EMP, CAP) \quad \text{ja}$$

$$(2) E = f(RE, Y)$$

Pitkän aikavälin malleissa tasapainoa pyritään määrittelemään tuotantofunktiotyypistä (funktio 1), sekä päästöjä määrittelevän mallin (funktio 2) avulla. Tutkielmassa on mukana viisi muuttujaa: hiilidioksidipäästöt (E), maan talouden kehitys, mitä mitataan BKT:llä (Y), työllistyneiden määrä (EMP), pääomakanta (CAP) sekä uusiutuvien energiamuodoin tuotettu sähkö (RE).

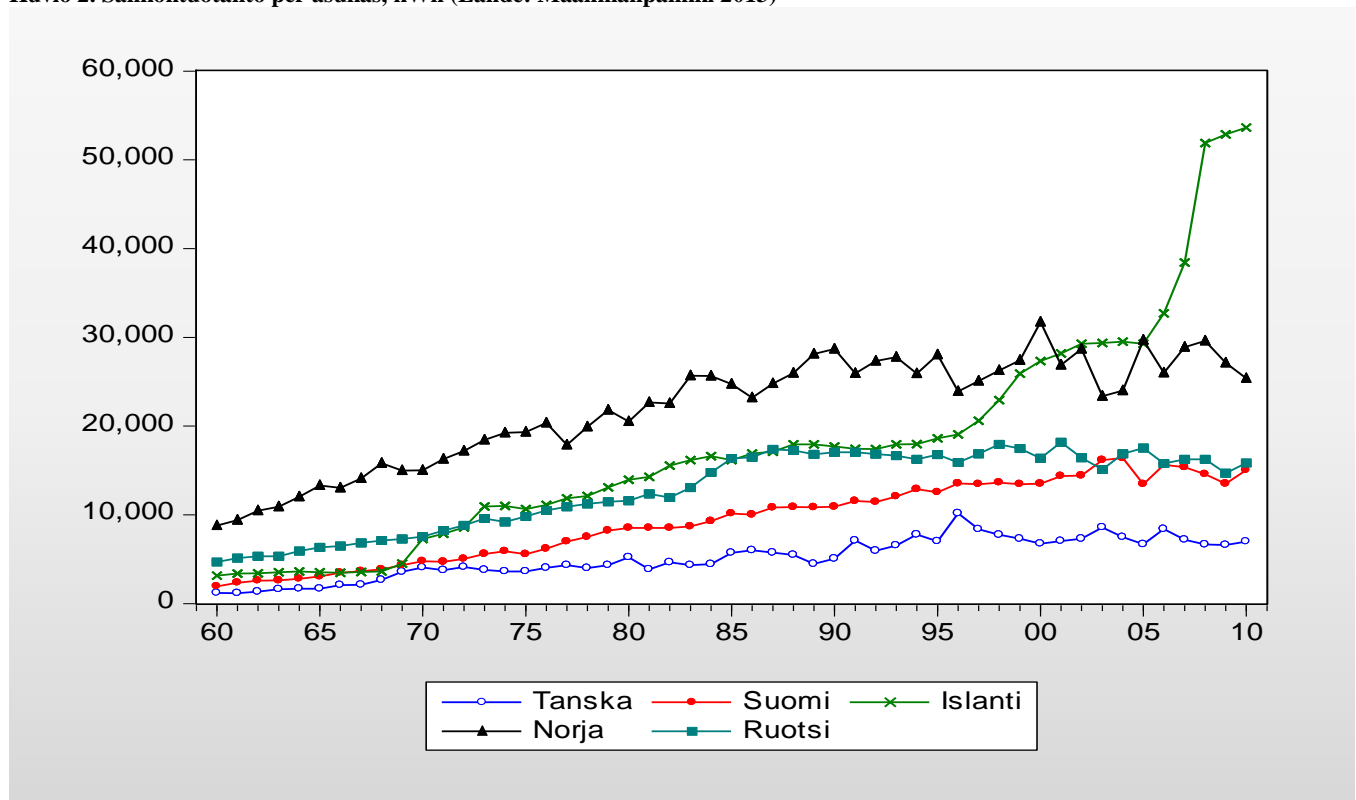
Tutkielman rakenne on seuraava. Kappaleessa 2 tarkastellaan Pohjoismaisia sähkömarkkinoita, sähköntuotannon päästövaikutuksia sekä maakohtaisia eroavaisuuksia energiapoliittisissa suuntauksissa. Kappaleessa 3 esitellään keskeisimmät tutkimukset uusiutuvan energian/sähkön tuotannon ja talouden kasvun välisestä suhteesta sekä muita uusiutuvaan energiaan keskittyviä tutkimuksia. Kappale 4 koostuu empiriasta ja se on jaoteltu kolmeen osioon: aineiston tarkasteluun, tutkimusmenetelmään ja tuloksiin sekä tulosten vertailuun aiempiin tutkimustuloksiin. Tämän pro gradu -tutkielman päättää kokonaiskatsaus ja tulosten tarkempi pohdinta.

## 2 Pohjoismaiset sähkömarkkinat

### 2.1 Sähkön kysyntä ja tarjonta

Tarkastelujakson alusta lähtien sähkön tuotanto on kasvanut tasaisesti, mitattiinpa tuotantoa aggregaattina (kuvio 8) tai asukaskohtaisesti (kuvio 2). Kuviosta 2 käy ilmi, että sähköntuotanto on kehittynyt maiden välillä samankaltaisesti 90-luvun puoleenväliin asti. 90-luvulla Islannin energiantarve lisääntyi muita maita nopeammin, mikä johtui alumiiniteollisuuden laajenemisesta (CIA 2013). Toisaalta energian kokonaistuotanto Islannissa on paljon matalammalla tasolla muihin Pohjoismaihin verrattuna (kuvio 8).

Kuvio 2. Sähköntuotanto per asukas, kWh (Lähde: Maailmanpankki 2013)



Sähköntuotannon suurimmat erot eivät ole kuitenkaan tuotannon suuruudessa vaan tuotantotavoissa. Taulukossa 1 on esiteltynä vuoden 2009 tuotantotapojen jakautuminen menetelmittäin. Huomion arvoista on Norjan ja Islannin lähes 100 prosentin sähkön tuotanto uusiutuvien menetelmin. Norjassa 95 % sähköntuotannosta tuotetaan vesivoimalla, Islannissa 73 %. Loput Islannin sähköstä tuotetaan vulkaanista maalämpöä hyödyntäen. Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa sähköntuotanto on hajautettu moniin eri menetelmin. Niin Suomessa kuin Ruotsissa ydinvoimalla tuotetaan noin kolmannes sähköstä.

Ruotsissa vesivoimalla tuotetaan kuitenkin 50 % ja muut tuotantomenetelmät jakautuvat uusiutuvien menetelmien kesken. Fossiilisten polttoaineiden osuus Ruotsin sähköntuotannossa on vain muutamia prosentteja. Suomessa ja Tanskassa fossiilisten polttoaineiden osuus on suhteellisen korkea. Kivihiiltä ja turvetta poltetaan paljon; Tanskassa 49 % ja Suomessa 22 % sähköstä tuotetaan näitä polttamalla. Maakaasun hyödyntäminen on hieman harvinaisempaa: Suomessa 14 %, Tanskassa 19 %. Uusiutuvista menetelmistä Suomi on erikoistunut metsäperäisen (teollisuuden jäteliemet, metsähake, jne) biopolttoaineen hyödyntämiseen (IEA 2007a). Tanskalla selkeä keskittymä on tuulivoimassa (IEA 2011b). Myös jätteen hyödyntämisessä polttoaineena on Tanska edelläkävijä. Mielenkiintoista kaikkien maiden kohdalla on aurinkoenergian hyödyntämisen vähyys, ajatellen kesäajan auringon esillä oloa. Euroopan komission raportin mukaan (2013, 6) aurinkovoiman hyödyntämisaste on noussut viime vuosina ja sen odotetaan nousevan vielä voimakkaasti Intian, Kiinan ja Yhdysvaltojen tuodessa omia tuotteitaan myyntiin Eurooppaan entistä enemmän, mikä vastaavasti on alentanut tuotteiden hintoja kuluttajille. Myöskään aaltovoimaa ei ole vielä päästy hyödyntämään Pohjoismaissa. Talouden vaikea tilanne on näkynyt varsinkin aaltovoiman ja offshore tuulivoiman kehityksessä ja tuotteiden markkinoille tulossa (Euroopan komissio 2013, 4). Varsinkin tuulivoiman (onshore ja offshore) asennustavoitteet jäävät mitä luultavimmin saavuttamatta koko Euroopan tasolla.

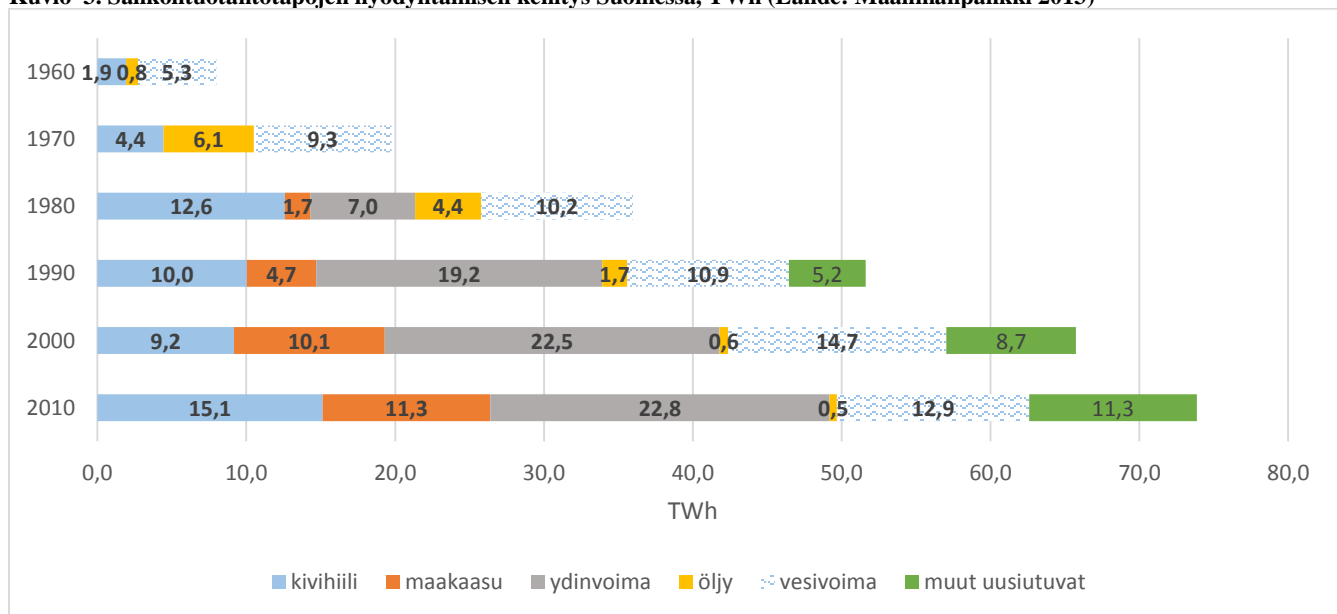
**Taulukko 1. Sähköntuotannon muodot prosentteina vuodelta 2009 (Lähde: IEA tilastot 2013)**

	Norja	Ruotsi	Tanska	Suomi	Islanti
Kivihiili ja turve	0,07	1,17	48,64	22,08	0
Öljy	0,02	0,53	3,23	0,74	0,01
Maakaasu	3,19	1,13	18,52	13,60	0
Biopolttoaineet	0,13	7,62	6,29	11,70	0
Jäte	0,08	1,31	4,77	0,71	0
Ydinenergia	0	38,16	0	32,65	0
Vesivoima	95,70	48,26	0,05	17,60	72,94
Maalämpö	0	0	0	0	27,05
Aurinkopaneelit	0	0,01	0,01	0,01	0
Aurinkolämpö	0	0	0	0	0
Tuulivoima	0,74	1,82	18,48	0,38	0
Aaltovoima	0	0	0	0	0
Muut lähteet	0,06	0	0	0,52	0
Yhteensä	100	100	100	100	100

### 2.1.1 Suomi

Suomessa sähköntuotanto on hajautettua. Ydinvoimaa Suomessa on alettu tuottaa 70-luvulla, mihin asti pääasiallinen sähkönlähde oli vesivoima. Kun tarkastellaan ei-uusiutuvia menetelmiä kuvioista 3, huomataan että tuotantomäärät on kasvaneet läpi tarkasteluajan. Kivihiilen kehityskaari on Suomen kohdalla mielenkiintoinen. Sen käyttö on kasvanut 80-luvulle asti, mistä lähtien sen käyttöä on vähennetty. Kuitenkin uusi piikki kivihiilen käytössä on huomattavissa 2010-luvulla. Tämä voi johtua osittain myös runsastuneesta turpeen poltosta, mikä on laskettu myös osana kivihiilen polttoa, toisaalta sen on mahdollistanut kivihiilen halpa hinta. Vuonna 2011 turpeella on tuotettu sähköä ja lämpöä yhteensä 13,6 prosenttia kokonaistuotannosta (Tilastokeskus 2013). Turpeen hyödyntämistä energiantuotannossa sekoitetaan joskus virheellisesti kuuluvaksi uusiutuvaksi menetelmäksi, se on kuitenkin verrattavissa päästöiltään kivihiilen polttoon mistä syystä läpi tämän tutkielman turpeen poltto on sisällytetty kivihiilen polttoa mallintaviin tilastoihin. Kuvion 3 mukaan vesivoimalla tuotetun sähkön tuotanto on pysynyt samalla tasolla 70-luvulta lähtien. Kun tarkastellaan uusiutuvien energiamuotojen tuotannon kehitystä, huomataan, että 90-luvun vaihteesta lähtien niiden käyttö on lisääntynyt hitaasti. Uusiutuvien menetelmien keskimääräinen kasvuvauhti Suomessa on noin 4% (Maailmanpankki 2013). Suomella on vahvaa osaamista varsinkin bioenergiasektorista, mikä on kehittynyt sellu- ja paperiteollisuuden ohella (IEA/Norden 2013, 49), suurin osa tästä sähköstä ja lämmöstä käytetään teollisuudessa.

Kuvio 3. Sähköntuotantotapojen hyödyntämisen kehitys Suomessa, TWh (Lähde: Maailmanpankki 2013)

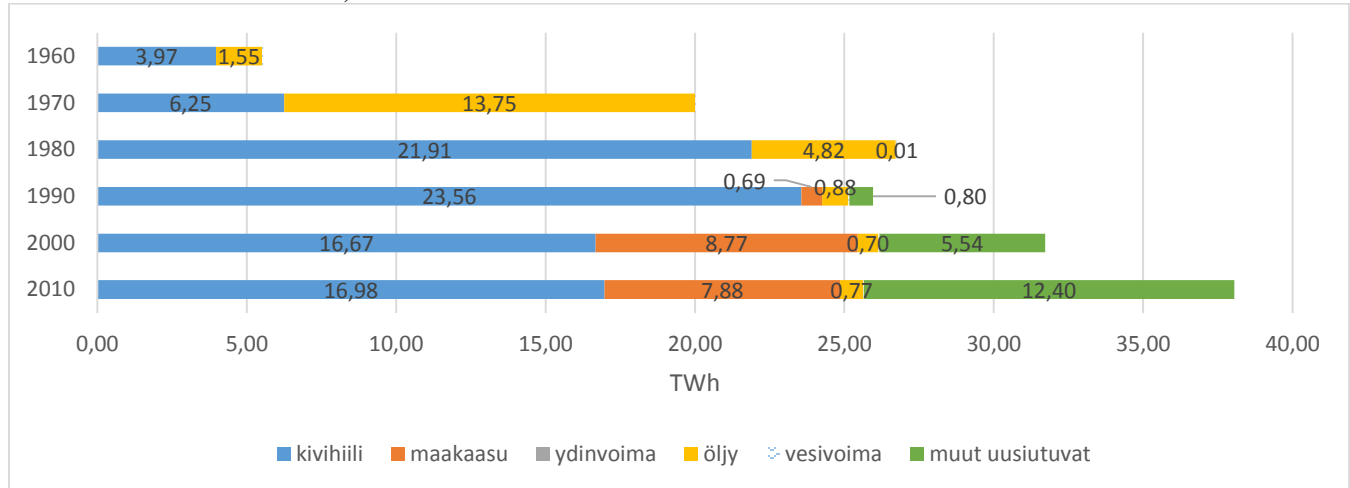


### 2.1.2 Tanska

Tanskassa energian kokonaiskulutus (Kuvio 8) on kääntynyt laskuun EU:hun liittymisen jälkeen. Tämä näkyy fossiilisten polttoaineiden käytön vähenemisenä vuodesta 1995 lähtien. EU-alueella on olemassa tietyt päästöarvot kivihiilenpoltolle, mikä on pakottanut Tanskan miettimään sille vaihtoehtoja. Tanskassa ei ole käytössä ydinvoimaa lainkaan, mikä osaltaan näkyy korkeina fossiilisten polttoaineiden käyttöasteina sähköntuotannossa koko tarkasteluajanjakson läpi. Lisäksi kivihiiltä ja öljyä poltetaan runsaasti, sillä Tanskalla ei ole luontaisia edellytyksiä vesivoiman käytölle toisin kuin muissa Pohjoismaissa. 90-luvulla mukaan on tullut myös maakaasu ja uusiutuvat menetelmät. Tanskassa yleisin sähköntuotantotapa on ollut kivihiilen poltto aina 70-luvun lopulta lähtien. Sitä ennen eniten sähköntuotannossa hyödynnettiin öljyä. 90-luvulta lähtien uusiutuvien energialähteiden osuus on kasvanut lähes samalle tasolle kuin kivihiili.

90-luvun puolella välissä uusiutuvat energiamuodot ovat lisääntyneet huomattavasti, mikä johtuu osaltaan suurista investoinneista tuulienergian tekniikan kehitykseen ja EU:hun liittymisestä (IEA 2011b). Uusiutuvan energian keskimääräinen kasvuprosentti on lähes 15%, mikä on Pohjoismaista korkein (Maailmanpankki 2013). Vuonna 2012 sähköstä 25 % tuotettiin tuulivoimalla, mutta osuus on tarkoitus tuplata vuoteen 2020 mennessä. Kuitenkin Euroopan komission raportti (2013) viittaa siihen, että tähän tavoitteeseen pääsy on hyvin haasteellista ja epätodennäköistä. Tanska on myös edelläkävijä energiatehokkuudessa ja Tanskassa on käytössä Pohjoismaiden kattavin smart grid – sähköverkosto, mikä mahdollistaa pientalojen tuottaman ylijäämäsiähkön syöttämisen valtakunnalliseen sähköverkkoon (Energinet.dk 2013). Näin yksityishenkilöt voivat olla sekä kuluttajia että tuottajia, mikä mahdollistaa sähkönkulutuksen tehokkuuden maksimoimisen. Smart grid -järjestelmässä sähkön hinta vaihtelee saatavuuden mukaan, jolloin kuluttajalla on mahdollisuus tehokkaampaan ja taloudellisempaan sähkönkulutukseen. Tanskan tavoitteena on tuottaa 100% sähköstä uusiutuvilla energiamuodoilla vuoteen 2050 mennessä, minkä lisäksi Tanskassa on tarkoitus siirtyä sähkön käyttöön myös liikenteessä ja lämmityksessä. (IEA 2011b).

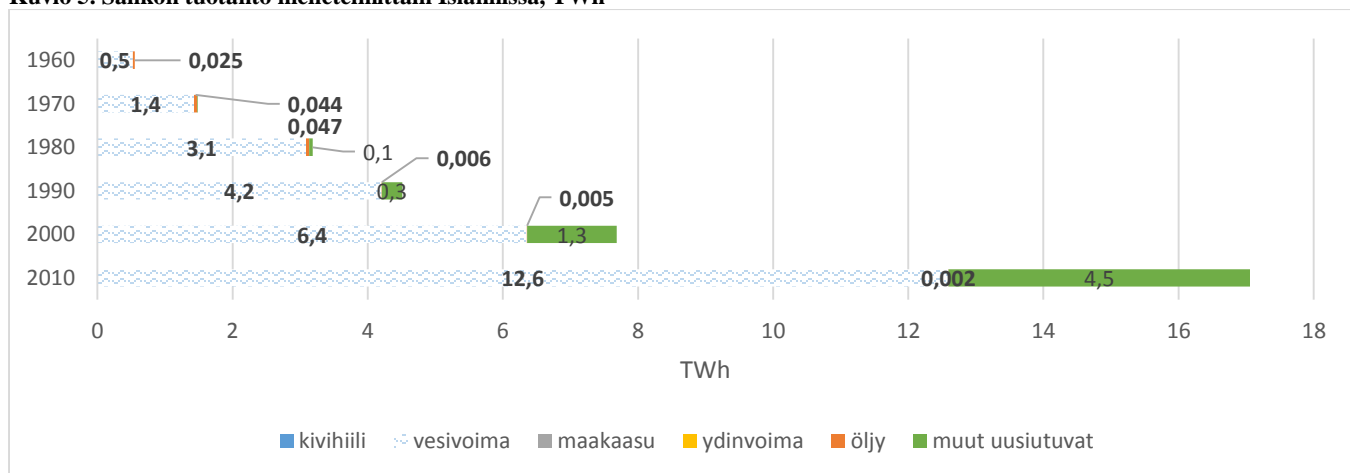
**Kuvio 4. Tanskan sähkötuotanto, TWh**



### 2.1.3 Islanti

Islannissa lähes kaikki sähkö on tuotettu uusiutuvien energiamuodoin aina tarkastelujakson alusta, 60-luvulta lähtien. Sähköntuotanto on kasvanut jyrkästi 2000-luvulla, mikä näkyy varsinkin maalämmön runsaana lisäyksenä. Sähkön kokonaiskasvusta johtuen myös uusiutuvien menetelmien kasvu sähköntuotannossa on lähes 8% vuodessa (Maailmanpankki 2013). Noin 25% sähköstä tuotetaan maalämmöllä, minkä mahdollistaa alueen vulkaaninen maaperä. Myös vesivoimaa sähköntuotannossa lisätään jatkuvasti. Islannissa sähkön tuotanto on halpaa, mistä syystä se on otollinen tuotantomaa paljon sähköä kuluttaville tuotannon aloille. Islannissa alumiinintuotanto kuluttaa 70% (vuonna 2011) tuotetusta sähköstä (NEA 2013). Islanti on myös harvaan asuttu maa mistä syystä muutamassa sähköverkon ulottumattomissa olevassa kylässä käytetään dieselillä toimivia piensähköntuotantoyksiköjä. (NEA 2013)

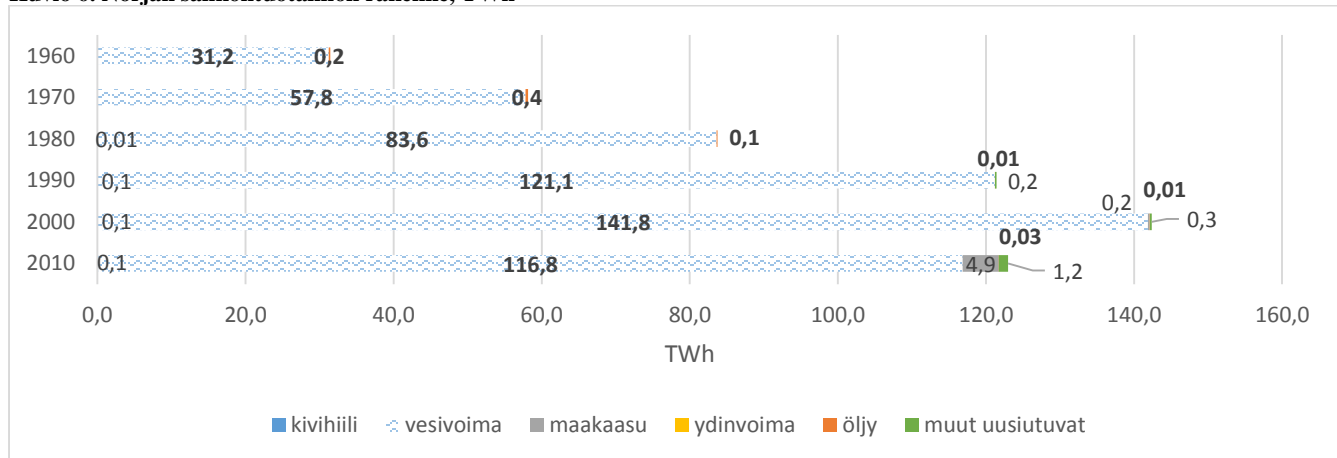
**Kuvio 5. Sähkön tuotanto menetelmittain Islannissa, TWh**



#### 2.1.4 Norja

Norjassa sähköä tuotetaan pääasiallisesti vesivoimalla, kuitenkin kaikkea potentiaalia ei ole vielä hyödynnetty, vaan lisäinvestointeja on suunnitteilla (IEA 2011a, 86). Vesivoima on kuitenkin riippuvaista sääolosuhteista, mistä syystä sähkövajetta on täydennetty pääasiallisesti tuontisähköllä. Vasta vuoden 2008 jälkeen on huomattavissa maakaasun käytön ja muiden uusiutuvien menetelmien käytön pienoinen kasvu sähköntuotannossa. Norjalla on paineita edistykselliseen RES politiikkaan sen suuren öljyn ja maakaasun louhinnan ja viennin takia. Norja lisää uusiutuvan sähkön tuotantoa keskimäärin 3% vuodessa (Maailmanpankki 2013). Norjalla on myös erinomaiset sääolosuhteet tuulienergian(onshore ja offshore) hyödyntämiseen (88-89). (IEA 2011a)

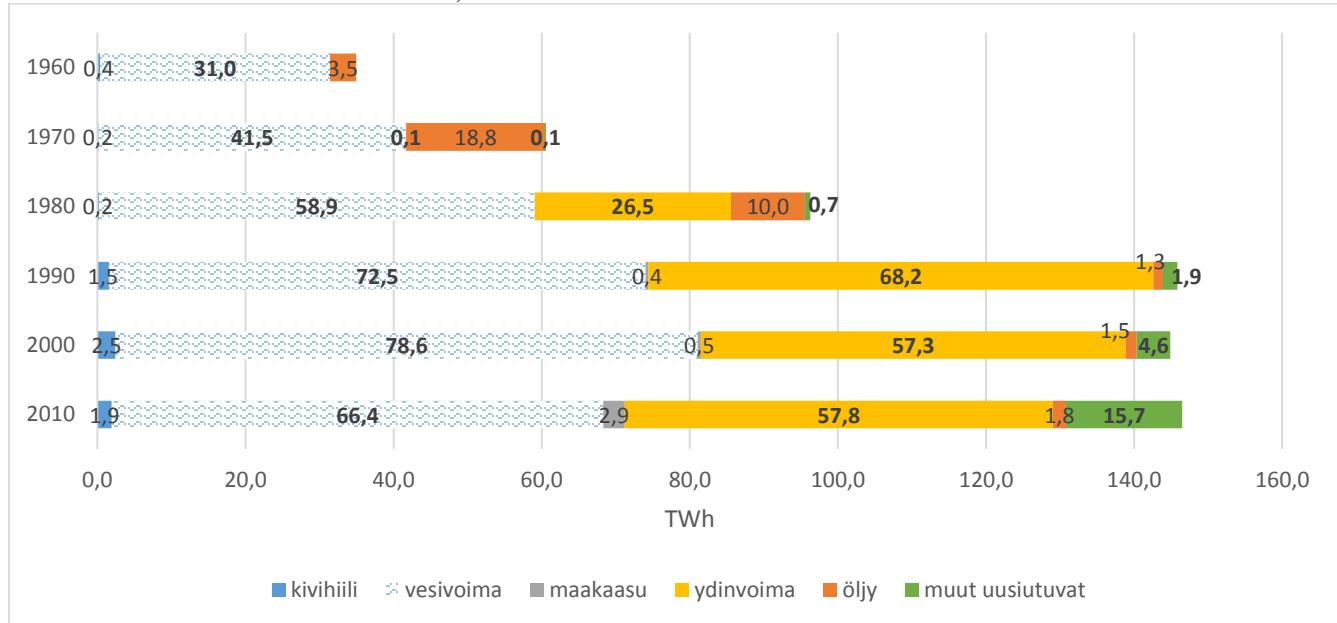
Kuvio 6. Norjan sähköntuotannon rakenne, TWh



#### 2.1.5 Ruotsi

Ruotsissa vesivoima ja ydinenenergia ovat vallitsevia sähkön lähteitä, mutta myös muut uusiutuvat energiamuodot ovat lisääntyneet vakaasti sähköntuotannossa viime vuosina. Huomattavaa on, että fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähäistä. Ruotsissa Suomen tavoin kehitetään biomassan käyttöä sähkön tuotannossa, mutta sillä on myös potentiaalia laajentaa tuulivoimaa maalla ja merellä (IEA 2008, 93). Ruotsissa rakennettiin runsaasti ydinvoimaa 80-luvulla, kuten kuviosta 7 nähdään. Maan sähkön tarpeen on kuitenkin arvioitu kasvavan, mistä syystä Ruotsissa tullaan mitä luultavimminkin jatkossa lisäämään runsaasti uusituvia menetelmiä sähköntuotannossa sillä ydinvoima kapasiteetin rakentamiselle asetettu enimmäisraja on jo saavutettu (IEA/Norden 2013, 37, 62). Aikajaksolla 1960-2010 keskimääräinen uusiutuvien menetelmien sähköntuotannon kasvuprosentti on alle 3%, mikä on alhaisin Pohjoismaissa (Maailmanpankki 2013).

**Kuvio 7. Ruotsin sähköntuotannon rakenne, TWh**



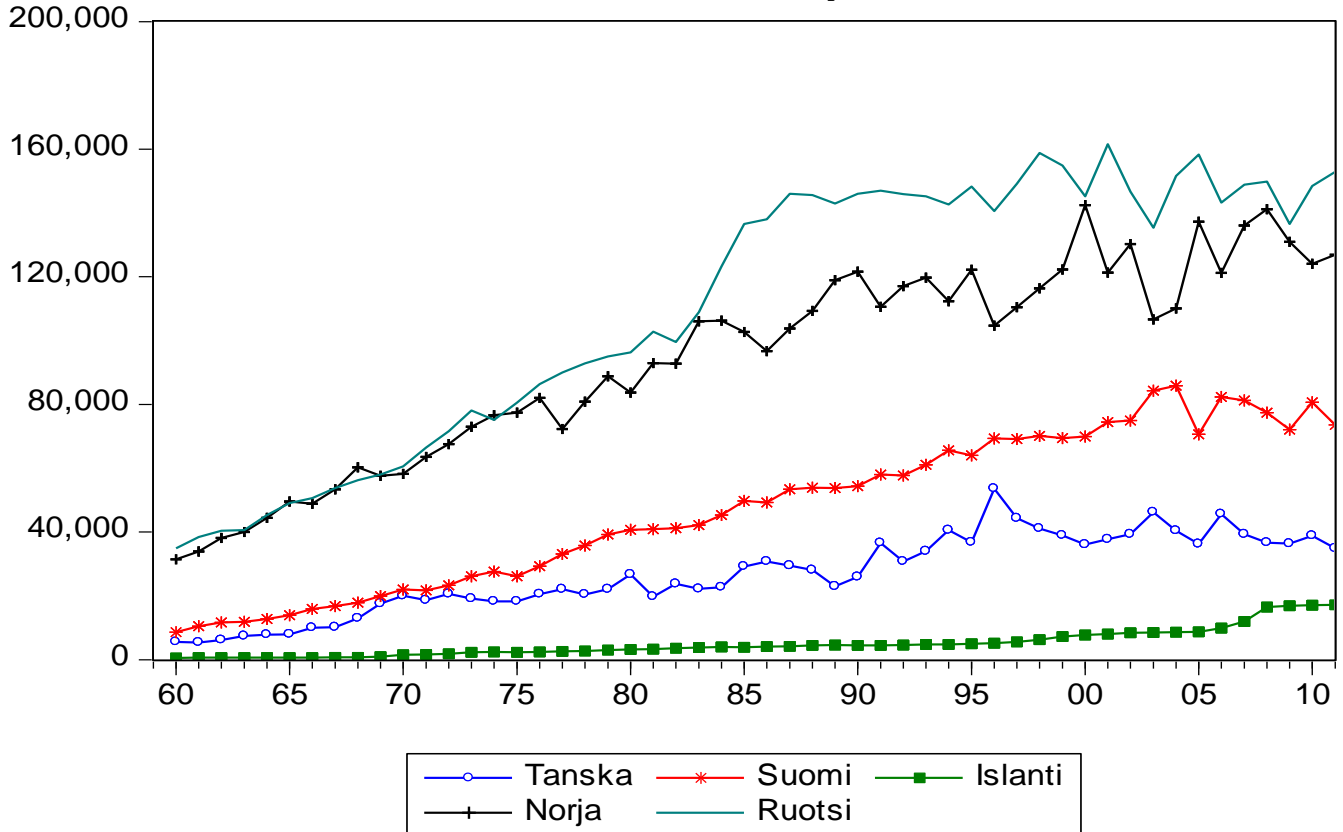
## 2.2 Sähkön siirto ja energiaomavaraisuus

Uusiutuvien menetelmien käyttöä energian tuotannossa määrittelee osittain halu olla energiaomavaraisia (IEA 2007b, 28). Energiaomavaraisuus takaisi riippumattomuuden herkästi vaihtelevista öljynhinnoista, sekä fossiilisten polttoaineiden tuonnista, minkä odotetaan vaikeutuvan pitkällä aikavälillä raaka-aineiden hupetessa.

Monessa aiemmassa tutkimuksessa uusiutuvan sähköntuotantoa on käytetty indikaattorina uusiutuvan sähkön kulutukselle, sillä uusiutuvaa sähköä tuotetaan vientiin tuskin lainkaan, yleensä se käytetään itse johtuen varastoinnin vaikeudesta. Suurin osa vientiin menevästä sähköstä ja tuontisähköstä onkin peräisin fossiilisista polttoaineista tai ydinvoimasta. Kuitenkin Pohjoismaissa tämä oletus ei välttämättä pidä paikkaansa hyvien sähkönsiirtoreititysten ja toimivien sähkömarkkinoiden takia, mistä syystä Pohjoismaiden välillä kulkee myös uusiutuvaa sähköä. Kuitenkaan suuria eroja sähkön tuotannon ja kulutuksen suuruudessa ei ole. Seuraavassa kuviossa sähkön kokonaiskulutus on esitelty maittain ja taulukossa 2 on mallinnettu Pohjoismaisia sähkön vienti- ja tuontimääriä. Suomeen eniten sähköä tuodaan Venäjältä, mutta myös Ruotsin ja Suomen välinen sähkönsiirto on aktiivista. Vuonna 2010 Venäjältä Suomeen tuotiin 11635 GW sähköä, mikä on noin kahdeksasosa kokonaiskulutuksesta.



Kuvio 8. Sähkön kokonaiskulutus (GWh) vuosilta 1960-2011 (Lähde: Maailmanpankki 2013)



Taulukko 2. Pohjoismainen sähkön tuonti ja vienti (Lähde: Tilastokeskus 2013)

Sähkönsiirto Pohjoismaissa ja niistä muihin maihin									
	GWh								TUONTI YHTEENSÄ
	Tanska	Suomi	Norja	Ruotsi	Saksa	Puola	Venäjä	Viro	
2010									
Tanska, tuonti	.	.	1 458	2 776	6 471	.	.	.	10 705
Suomi, tuonti	.	.	115	3 012	.	.	11 636	1 967	16 730
Norja, tuonti	4 055	162	.	7 996	.	.	.	.	12 213
Ruotsi, tuonti	5 014	5 664	4 174	.	2 290	494	.	.	17 637
Saksa, tuonti	2 707	.	.	1 014	.	167	.	.	3 888
Puola, tuonti	.	.	.	760	5 334	.	.	.	6 094
Viro, tuonti	.	246	.	.	.	.	.	.	246
VIENTI YHTEENSÄ	11 776	6 072	5 747	15 558	14 095	661	11 636	1 967	

Energiaomavaraisuus perustuu kulutuksen ja tuotannon suhteeseen ja sitä mitataan prosentuaalisesti energian (sisältää sähkön, lämmön ja liikenteen) nettotuontina. Vuonna 2011 Maailmanpankin tilastoinnin mukaan Suomen energiaomavaraisuus oli 50%, Ruotsin 33% ja Islannin 16%. Eli Suomen energiasta puolet on tuontienergiaa, Ruotsilla kolmannes ja Islannilla vielä vähemmän. Tanska ja Norja

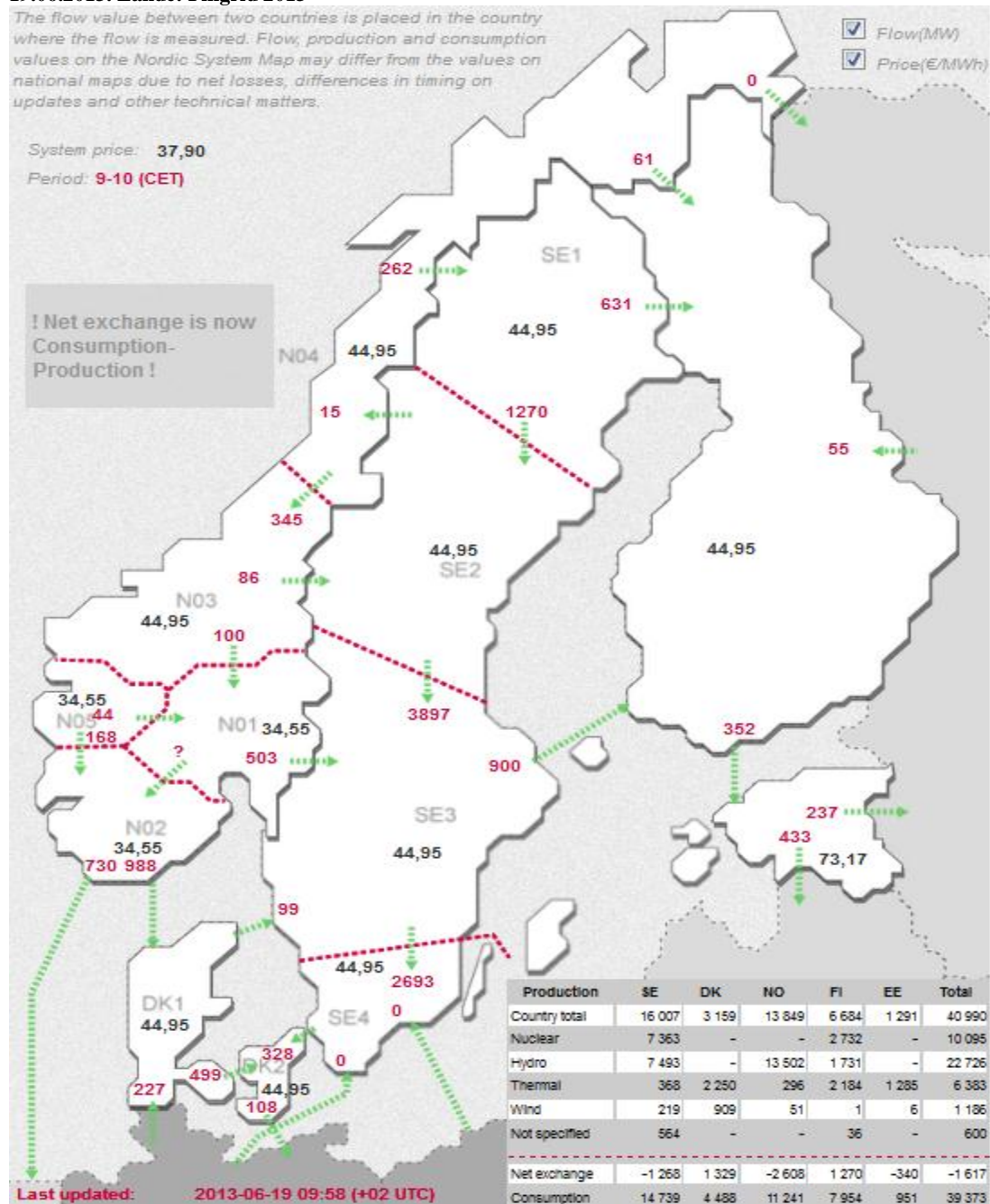
tuottavat energiaa enemmän vientiin kuin omaan kulutukseen mistä syystä ne ovat täysin energiaomavaraisia. Tanska tuottaa vientiin 23% yli oman tarpeensa ja Norja 556% yli tarpeensa. Norjalla on suuret öljy- ja maakaasuvarannot; myös Tanskalla on varantoja jonkin verran (US EIA 2013). Näiden varantojen kuitenkin oletetaan ehtyvän lähivuosina, mikä osaltaan vaikuttaa myönteisesti suuriin investointeihin uusiutuvan energian tuotannossa ja kehityksessä.

Energiaomavaraisuus on vielä toistaiseksi tulevaisuuden skenaario osalle Pohjoismaista, mutta sen mahdollistaisi osittain pohjoistenmaiden välinen tiivis yhteistyö (IEA/Norden 2013, 29-32). Tähän pohjoismaiseen yhteistyöhön on lasketaan kuuluvaksi Baltian maat sekä Pohjoismaiden muut rajamaat (Venäjä, Puola, Saksa, Alankomaat). Pohjoismaissa on tehokas sähkönsiirtojärjestelmä, mitä edelleen kehittämällä voidaan tulevaisuudessa saavuttaa alueellinen energiaomavaraisuus. Sähkönsiirto tapahtuu kansallisilla sekä osittain yksityisillä sähkönsiirto-operaattoreilla. Suomessa sähköverkon toimivuudesta vastaa Fingrid, Tanskassa Energinet.dk, Norjassa Statnett SF, Ruotsissa Svenska Kraftnät ja Islannissa Landsnet. Koska Islanti on maantieteellisesti kaukana muista Pohjoismaista, ei sähkönsiirtoa Islannin ja muiden maiden välillä tapahdu. Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska muodostavat yhdessä Baltian maiden kanssa sähkönsiirtoalueen, jossa kaupankäynti tapahtuu Nordic Pool Spot-markkinoilla. Näillä markkinoilla sähköä kaupataan joko Elspot ja Elbas vaihdoilla. Molemmissa vaihtoehtoissa hinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan mukaan, sillä erotuksella että Elspot-hinnan osalta kauppa tapahtuu seuraavana päivänä kun taas Elbas hinnalla vaihto tapahtuu saman päivän aikana. Seuraavassa kuvassa on esitelty vaihto- ja tuotantoalueet. Jokaisella alueella muodostuu oma hintansa, tässä esimerkkinä 19.06.2013 Elspot-hinnat, lisäksi kuvassa on esiteltyä viennin määrät. Vaihdon suunnat on merkitty nuolin. (Nord Pool Spot 2013)

Yhteistyö mahdollistaa erikoistumisen tiettyihin sähkön tuotantomuotoihin. Uusiutuvan energian tuotanto on riippuvaista saatavilla olevista raaka-aineista, oikeanlaisista sääolosuhteista ja maantieteellisestä sijainnista. Erikoistuminen johonkin tiettyyn sähköntuotantoalaan voi myös vähentää eroja kuluttajahinnoissa yksityistalouksille ja teollisuudelle maiden välillä. Vuonna 2011 keskimääräinen sähkönhinta yksityistalouksille vaihteli 135(Norja) ja 383(Tanska) dollarin välillä per MWh, kun taas teollisuudelle hintojen vaihteluväli oli 57(Norja) dollarista 104(Tanska) dollariin per MWh (IEA 2013). Suomi ja Ruotsi pysyttelivät vertailussa näillä väleillä, mutta Ruotsissa teollisuudelle sähkö (89 USD/MWh) on Suomen hintatasoa (103USD/MWh) halvempi. Vastaavasti Ruotsin yksityistalouksille

(223USD/MWh) sähkön hinta on huomattavasti Suomea (194USD/MWh) kalliimpaa. Islanti on jätetty vertailun ulkopuolella.

**Kuva 1. Sähkönsiirtoverkosto pohjoismaissa ja reaaliaikainen sähkönsiirtojen määrä (MWh) sekä Elspot hinnat alueittain 19.06.2013. Lähde: Fingrid 2013**



### 2.3 Energian tuotannon päästöt

Tässä pro gradu -tutkielmassa käsitellään myös energiatuotannon hiilidioksidipäästöjä, mistä syystä on tarkasteltava lähemmin myös eri tuotantomenetelmien päästöjen määriä ja laatua. IEA:n (2007b) raportin mukaan energiapolitiikan suuntauksia määrittelee kaksi päätekijää: energiaturvallisuus ja ilmastonmuutos. Energiaturvallisuus on laajennettu käsite energiaomavaraisuudesta, ja se sisältää energian saatavuus- ja hintakomponentit (IEA 2007b, 32). Olipa kyseessä energiaturvallisuuteen liittyvä politiikka tai ilmastonmuutosta käsittelevä politiikka, kohdistuvat päätökset ja toimet usein energiamuodon valintaan. Molemmissa tapauksissa keskitytään päästöjen minimointiin ja raaka-aineen saatavuuteen. Toisin sanoen ”energiaturvallisuus ja ilmastonmuutos ovat yhden kolikon kaksi eri puolta” (IEA 2007b, 38.) Energiantuotanto onkin kasvihuonekaasujen suurin tuottaja.

Tunnetuin ja runsain kasvihuonekaasupäästö on hiilidioksidipäästöt, mutta muita energiantuotannon päästöjä ovat myös metaanipäästöt, typpioksidi- (nitrogen oxide), rikkidioksidi- (sulfur dioxide), elohopeapäästöt sekä muut palamisen myrkylliset yhdisteet (US EPA 2013.) Päästöttömiksi menetelmiksi lasketaan ainoastaan aurinkoenergia, maalämpö sekä tuulivoima. Vesivoiman sivutuotteena voi olla metaanipäästöt, mikäli patoamisvaiheessa veden alle jää runsaasti kasvillisuutta kuten peltoja ja metsiä. Hiiltä, turvetta ja öljyä poltettaessa vapautuu hiilidioksidia, typpioksidia, rikkidioksidia, sekä elohopeapäästöjä, kuitenkin niin, että hiilen- ja turpeenpolton hiilidioksidipäästöt ovat kaksinkertaiset maakaasuun verrattuna, kun taas öljyn polton päästöt puolitoista kertaisia. Maakaasu on fossiilisista polttoaineista vähäpäästöisin, kuitenkin sitä poltettaessa vapautuu typpioksidia, hiilidioksidia sekä pieniä määriä metaania. Kiinteä jäte (municipal solid waste) vapauttaa poltettaessa typpioksidia, rikkidioksidia sekä joitain myrkyllisiä kaasuja, riippuen mistä poltettava jäte muodostuu. Biomassan (puu- ja kasvipöytä) poltto vapauttaa typpioksidia, hiilidioksidia sekä vähäisiä määriä rikkidioksidia. Biomassaa poltetaan useasti yhdessä kivihiilen kanssa, mikä vähentää kokonaispäästöjä huomattavasti. Biomassan päästöt ovat pienemmät muiden paitsi hiilidioksidipäästöjen osalta kivihiileen verrattuna, hiilidioksidipäästöt tosin ovat samaa suuruusluokkaa. Kaatopaikkakaasujen poltto (landfill gases) vapauttaa typpioksidia sekä joitakin myrkyllisiä yhdisteitä. Puu- ja kasvipöytäisten energiamuotojen etuna kuitenkin on, että puu ja kasvillisuus sitovat hiilidioksidia ja muita kasvihuonekaasuja tehokkaasti kasvaessaan ja näin niiden osalta lopputulos on päästöneutraali. Ydinvoima ei tuota merkittäviä ilmapäästöjä, kuitenkin ydinvoiman raaka-aineena käytettävän uraanin louhinnassa ja käsittelyssä vapautuu päästöjä ilmaan ja muuhun ympäristöön. Lisäksi ydinvoiman

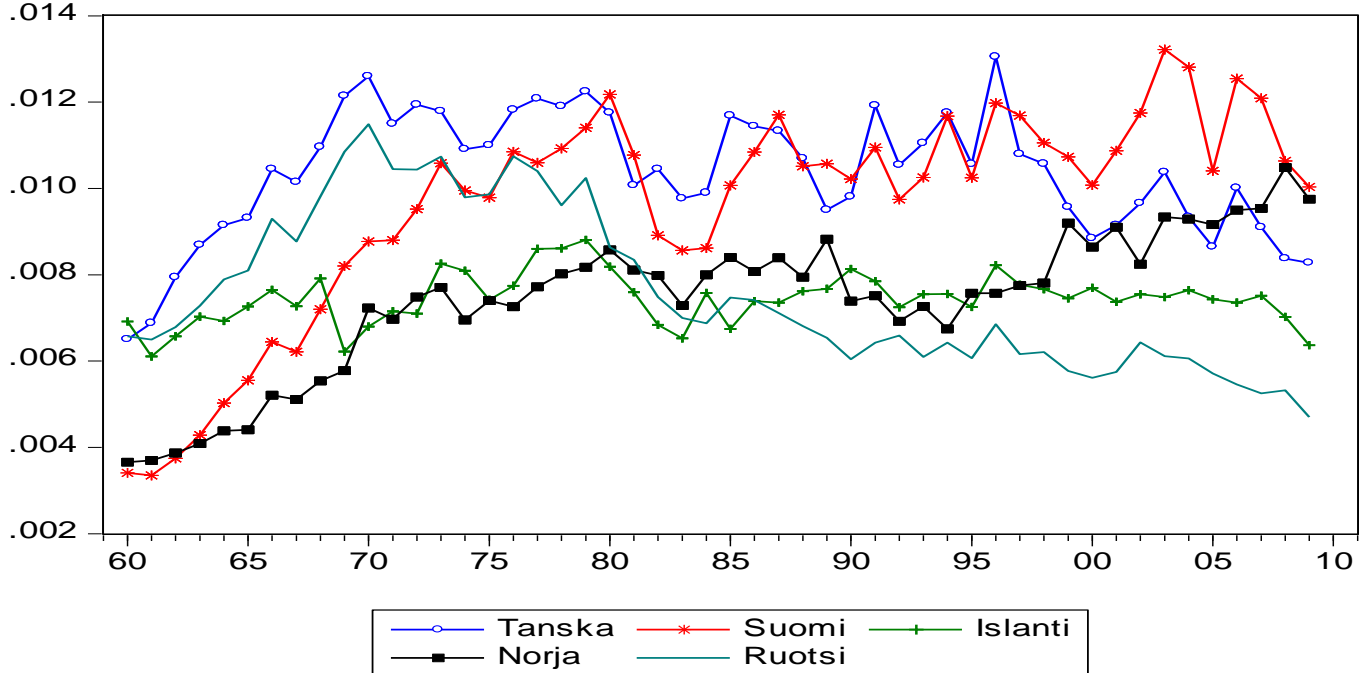
lopputuotteena on sähkön ohella vaikeasti hävitettäviä vaarallisia yhdisteitä (säteilevä ydinjäte). On otettava myös huomioon, että fossiilisten polttoaineiden louhinta, käsittely sekä kuljetus aiheuttavat lisäpäästöjä. Uusiutuvien energiapolttoaineiden kuljetushaitat ovat yleensä pienemmät (raaka-aineet ovat yleensä saatavilla lähempää), mutta resursseja kuluu myös aineen keräykseen ja käsittelyyn. (US EPA 2013)

Koska tässä tutkielmassa käsitellään hiilidioksidipäästöjen sekä uusiutuvan energian tuotannon välistä kausaalisuutta, on mielekästä tarkastella kunkin maan hiilidioksidipäästöprofiilia vuodelta 2009 (perustuu osittain Taulukkoon 2). Aiempien energiantuotantotapatietojen perusteella voidaan olettaa, että Norjan ja Islannin osalta uusiutuvan sähköntuotannon lisäys ei vaikuta hiilidioksidipäästöihin, sillä näiden maiden osalta lähes kaikki sähkö tuotetaan päästöttömin menetelmin (vesivoimaa ja maalämpöä hyödyntäen). Ruotsissa noin 10 % tuotetaan menetelmin joista koituu hiilidioksidipäästöjä (biopolttoaineet 8 %, kivihiili ja turve 1 %, öljy 0,5 % ja maakaasu 1 %). Suomessa hiilidioksidipäästöjä tuottaa kivihiilen ja turpeen poltto (22 % kokonaistuotannosta), biopolttoaineiden hyödyntäminen (12 %), öljyn poltto (1 %) sekä maakaasun poltto (14 %). Eniten sähköntuotannosta koituvia hiilidioksidipäästöjä vapautuu eniten Tanskassa. Kivihiiltä ja turvetta poltetaan 49 %, biopolttoaineita 6 %, öljyä 3 % ja kivihiiltä 19 %. Näiden tietojen perusteella voidaan olettaa, että Suomessa, missä käytetään paljon metsäperäisiä biopolttoaineita, hiilidioksidipäästöt eivät vähene mikäli uusiutuviin menetelmiin investoidaan, sillä mitä luultavimmin pyritään kehittämään juuri metsäperäisten energialähteiden käyttöä. Tanskassa panostetaan paljon tuulivoimaan, mikä taas vähentää hiilidioksidipäästöjä. Ruotsissa keskitytään Suomen tavoin metsäperäisen energian hyödyntämiseen (IEA/Norden 2013), mikä tuskin vähentää hiilidioksidipäästöjä. Myös aurinkoenergian hyödyntäminen laajemmin vähentäisi osaltaan hiilidioksidipäästöjä.

Suomi on suurin Pohjoismainen hiilidioksidin päästöjen aiheuttaja niin kokonaismääräisessä hiilidioksidipäästöissä kuin asukaskohtaisesti (kuvio 9) vuodesta 1996 lähtien. Suurimmillaan päästöt olivat vuonna 2003. Suomen, Ruotsin, Tanskan ja Islannin kohdalla on kuitenkin havaittavissa asukaskohtaisten päästöjen vähentymistä, kun taas Norjan osalta trendi on ollut nouseva 90-luvulta viimeiseen havaintoperiodiin asti. Vaikka maailmanlaajuisesti suurin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja on sähkön- ja muu energiantuotanto (IEA 2007b), ei tätä informaatiota voida suoraan soveltaa Pohjoismaihin, missä vain pieni osa sähköstä tuotetaan menetelmin mistä koituu hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi Pohjoismaissa on investoitu paljon puhtaaseen teknologiaan (clean tech)

sähköntuotantolaitoksissa (IEA/Norden 2013). Empiirisessä osiossa tulisi kiinnittää huomiota pitkän aikavälin tasapainoa muodostettaessa onko talouskasvun joustovaikutus päästöihin positiivista vai negatiivista.

Kuvio 9. Hiilidioksidipäästöt per asukas, kt Lähde:Maailmanpankki 2013



## 2.4 Poliittinen ilmapiiri

Yleisesti Pohjoismaissa kehitetään ja kasvatetaan uusiutuvan energian tuotantoa jotta energiaomavaraisuus parantuisi ja vähennettäisiin ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta. Toisin sanoen Pohjoismaissa ja EU-maissa yleisesti pyritään sellaisiin poliittisiin linjauksiin jotka johtavat uusiutuvien energian tuotantomuotojen kasvuun (ns. RES politiikka), päästöjen vähentymiseen sekä vahvaan talouskasvuun (IEA 2007b). Näistä kolmesta poliittisesta linjauksesta suurin paino on talouden kasvun edistämisellä. Joskus talouden kasvua edistävä poliittinen linjaus on ristiriidassa päästöjä vähentävän tai uusiutuvia energiamuotoja edistävän politiikan kanssa. Tästä syystä on tärkeää tarkastella mahdollisia syy-seuraussuhteita ilmiöiden välillä.

### 2.4.1 Energiapolitiikan ohjauskeinot

Turnerin ja Obschoorin (1994, 10-11) mukaan energiapolitiittiset ohjauskeinot jakautuvat kolmeen kategoriaan: sääntelymenetelmiin (regulatory instruments), taloudellisiin menetelmiin (economic instruments), sekä ”suostutteleviin” (suasive instruments) menetelmiin. Sääntelymenetelmiin kuuluvat

kiintiöt, luvat, rajoitukset ja kiellot, jotka kohdennetaan vaikuttamaan havaittuihin vaihtoehtoihin, kuten polttoaineen sulfuuripitoisuuteen. Taloudellisiin menetelmiin sisältyvät verotus, verohelpotukset, tariffit sekä tukiaiset (subsidy). Taloudelliset menetelmät pyrkivät vaikuttamaan valitun menetelmän kustannuksiin ja etuihin. Suostuttelevilla menetelmillä taas pyritään vaikuttamaan ihmisten mielipiteisiin jostain tietystä menetelmästä. Näin vaikutetaan jonkin menetelmän valintaan epäsuorasti. Suostutteleviin menetelmiin kuuluu informaatiomainonta, energiakasvatus, työntekijöiden koulutus, sekä sosiaalisen paineen luominen.

#### **2.4.2 Energiapoliittiset linjaukset Pohjoismaissa**

Pohjoismaat ovat edelläkävijöitä niin poliittisessa päätöksenteossa lisätä uusiutuvien menetelmien tuotettua sähköä kuin investoinneissaan uusiutuvien sähköntuotantomenetelmien tuotannon kehitykseen. EU:n RES politiikkaan liittyvän tutkimuksen mukaan investoinnit tutkimukseen ja kehitykseen (T&K) ovat kannattavia. Tuulienergia teknologian hinta on laskenut yhdeksän prosenttia viimeisen yhdeksän vuoden aikana, vastaavasti aurinkolämpöteknologian hinta on laskenut 57 prosenttia. (Krohn ja muut 2009, Euroopan komissio 2013)

Kuten aiemmin on jo mainittu, yksi syy halukkuuteen lisätä uusiutuvia energialähteitä on ympäristön heikenevä tila. Kasvihuoneilmion suurin ihmisten aiheuttava tekijä on kasvihuonepäästöt, joista runsain, joskaan ei haitallisin, on hiilidioksidipäästöt. Hiilidioksidipäästöjen suurin lähde maailman laajuisesti on energiantuotanto (IEA 2007b). Pääasiallisesti päästöjä EU:ssa kontrolloidaan päästökauppasertifikaattisysteemin avulla, mutta siitä huolimatta kivihiilen hinta on hyvin alhainen (Euroopan komissio 2013). Tällä hetkellä hiilidioksidipäästöille ei ole omaa verotustaan, kuitenkin energiantuotantoa verotetaan (IEA/Norden 2013, 46). Kaikki viisi Pohjoismaata ovat tehneet päätöksen saavuttaa hiilidioksidipäästöneutraali yhteiskunta vuoteen 2050 mennessä (IEA/Norden 2013). Tavoite tarkoittaa että sähkön tuotannon tulee olla kokonaisuudessaan täysin hiilidioksidipäästöneutraalia, jotta maapallon 2 celsiusasteen lämmön nousua ei tapahtuisi. Tämän tavoitteen saavuttaminen vaatii täydellisen rakennemuutoksen energiasektorilla. Kokonaishiilidioksidipäästöjä tulee vähentää vuoden 2010 tasosta 60 %. Liikenteen päästöt tulee laskea kahdeksasosaan nykyisestä. Todellisuudessa tämä tarkoittaa autoilun vähentämistä radikaalisti sekä sähköautojen korkeaa käyttöastetta. Lisäksi talojen energiatehokkuus tulee olla huipussaan. Käytännössä hiilinielut ja puhdas teknologia mahdollistavat myös jonkin asteisen fossiilisten polttoaineiden hyödyntämisen. Tässä skenaariossa biomassaa lasketaan

hiilineutraaliksi menetelmäksi. Koska ydinvoiman tuotannosta ei koidu ilmapäästöjä tullaan ydinvoimaa rakentamaan lisää. (IEA/Norden 2013)

Tällä hetkellä uusiutuvia menetelmiä tuetaan monin tavoin Pohjoismaissa (RES Legal 2013). Tanskassa on uusiutuvaa energiaa hyödyntävien voimaloiden asentajille tarjolla erilaisia koulutusmahdollisuuksia. Lisäksi uusia muotoja käyttää hyväksi kestävää teknologiaa<sup>2</sup> tuetaan erilaisin tukiaisin. Tanskalaisille on tarjolla myös erilaisia lainanottomahdollisuuksia tuulivoiman lisäystä varten. Uusiutuvan energian pientuotantoa varten on olemassa omat tukiaisensa. Kuitenkin pääasiallisesti Tanskassa uusiutuvaa energiaa avustetaan tariffein sekä verohelpotuksin pientalouksille.

Suomessa on olemassa tariffi-hinnasto tuulivoimalle, biokaasulle sekä biomassalle. Tämä viittaa siihen, että tuottajille maksetaan tuotetusta energiasta bonuksia, mitkä kattavat markkinahinnan ja tavoitehinnan välisen kuilun. Lisäksi Suomessa investoidaan tutkimukseen ja kehitykseen valtion apurahoin, sekä tuottajille on tarjolla tukiaisia kestävien energiamuotojen tuotannossa. (RES Legal 2013)

Ruotsilla ja Norjalla on yhteiset kiintiömarkkinat uusiutuvalle energialle. Periaatteessa jokaisen sähkön tuottajan tulee tuottaa tietty prosentuaalinen määrä uusiutuvien menetelmin. Käytännössä tämä ei tarkoita että kaikki tuottajat tuottavat sähköä uusiutuvien menetelmin vaan että he ostavat uusiutuvan energian sertifikaatteja niiltä tuottajilta jotka tuottavat yli kiintiön. Ruotsissa poliittisiin toimenpiteisiin kuuluu vapaaehtoista koulutusta asentajille, sekä investoinnit tuulivoiman T&K:n. Norjassa taas ne maan omistajat joiden maalle asennetaan tuulivoimaa, ovat oikeutettuja maaverohelpotuksiin. Lisäksi aurinkovoiman käyttäjät ovat oikeutettuja tukiaisiin. (RES Legal 2013)

Islannissa ei ole suurta tarvetta uusiutuvia energiamuotoja edistävälle politiikalle, sillä lähes 100% sähköstä tuotetaan uusiutuvien menetelmin. Kuitenkin Islannissa myönnetään apurahoja energiahakkuihin(bioenergian tuotantoon). (RES Legal 2013)

---

<sup>2</sup> Kestävät teknologiat eivät rajoitu ainoastaan uusiutuviin menetelmiin



### 3 Kirjallisuuskatsaus

#### 3.1 Uusiutuvaa energiaa selittävät tekijät

Aiemmin tässä tutkielmassa uusiutuvan sähkön tuotantoa selittävinä tekijöinä on mainittu energiaomavaraisuus sekä huoli ympäristön tilasta (IEA 2007b). Nämä kaksi tekijää mainitaan usein aihepiiriin kuuluvissa tutkimuksissa (Payne 2012, Sadorsky 2009a ja 2009b). Marquesin ja muiden (2010) uusiutuvaa energiaa käsittelevässä tutkimuksessa on listattu myös muita mahdollisia uusiutuvan energian käyttöön vaikuttavia tekijöitä. He jaottelivat uusiutuvan energian kulutusta kannustavat tekijät kolmeen ryhmään: poliittisiin-, sosioekonomisiin- ja maakohtaisiin tekijöihin. Tätä jaottelua seuraten he muodostivat hypoteeseja aiemman kirjallisuuden perusteella kunkin muuttujan vaikutuksesta uusiutuvan energian kulutukseen, mitä he sitten testasivat eurooppalaisella paneeliaineistolla.

Marquesin ja muiden (2010) ensimmäinen kategoria, poliittiset tekijät, sisälsi poliittiset linjaukset sekä energiaturvallisuustekijät. Heidän tutkimuksessaan poliittiset linjaukset viittasi siihen, onko maa EU:n jäsen vai ei. Tutkimuksessa esitetyn kirjallisuuden mukaan yhteiset poliittiset linjaukset lisäävät sitoutumista uusiutuvien menetelmien lisäämiselle energian tuotannossa. Tutkimuksessa oletettiin myös, että korkea energiaomavaraisuus lisää halukkuutta uusiutuvan energian sektorin kasvattamiselle. Toinen kategoria, sosioekonomiset tekijät, viittasi fossiilisten polttoaineiden hintaan, kasvihuonekaasupäästöihin, fossiilisen energian ja ydinvoiman osuuteen kokonaisenergian tuotannosta, kokonaisenergian kulutukseen, sekä tulotasoon. Fossiilisten polttoaineiden hinnan ei oletettu sisältävän ympäristökustannuksia, jolloin korkean talouskasvun maissa ollaan valmiita sitoutumaan kalliimpiin, ympäristöystävällisempiin energiantuotantomuotoihin. Myös kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen oletettiin toimivan kannustimena uusiutuvan energian lisäämiselle. Tutkimuksessa esitetyn teorian mukaan fossiilisen energian ja ydinvoiman osuus kokonaisenergian tuotannosta on seurausta poliittisesta lobbauksesta, mistä syystä sen korkea osuus kokonaisenergian tuotannosta on yleensä este uusiutuvan energiasektorin kasvulle. Kokonaisenergian kulutus mittaa yhteiskunnan energian tarvetta ja näin ollen se vaikuttaa myös uusiutuvan energian tuotannon laajuuteen. Talouden kasvulla, mitä yleensä mitataan joko maa- tai asukaskohtaisella BKT:llä, oletettiin olevan positiivinen vaikutus uusiutuvan energian tuotantoon. Viimeiseen kategoriaan, maakohtaisiin tekijöihin, oletettiin sisältyvän kulttuuri-, varallisuus- sekä maantieteellinen sijaintimuuttujat. Maantieteellinen sijainnin oletettiin vaikuttavan erikoistumiseen

johonkin tiettyyn uusiutuvan energian tuotantotapaan. Maan varallisuuden mittarina tässä tutkimuksessa käytettiin investointien jatkuvuutta uusiutuvaan energiaan.

Marquesin ja muiden tutkimustulokset osoittavat, että kuuluminen EU:hun oli ratkaiseva tekijä uusiutuvan energian tarjontaa selitettäessä. Suurin osa edellisessä kappaleessa esitetyistä oletuksista piti paikkansa, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Korkea tulotaso vaikutti positiivisesti uusiutuvan energian tarjontaan EU-maissa, mutta negatiivisesti muissa eurooppalaisissa maissa. Toinen eroavaisuus näiden kahden ryhmän välillä oli kivihiilen hinnan vaikutus uusiutuvan energian kulutukseen. EU-maissa kivihiilen hinnan nousu vaikutti positiivisesti uusiutuvan energian kulutukseen, kun taas EU:n ulkopuolisissa maissa kivihiilen hinnan nousu lisäsi muiden fossiilisten energiamuotojen käyttöön. Lisäksi oletus siitä, että kasvihuonekaasupäästöjä rajoitettaessa uusiutuvien energiamuotojen käyttö lisääntyisi, ei pitänyt paikkaansa.

### **3.2 Kirjallisuutta ennustettavuuden testauksesta**

Ozturk (2010) on laatinut laajan kirjallisuuskatsauksen energian kulutuksen ja talouden kasvun välisestä tutkimuksesta käymällä läpi 98 tutkimuksen tulokset aiheesta. Näille tarkastelluille tutkimuksille yhteistä on niiden käyttämät hypoteesivertaukset kausaalisuussuhteille sekä niihin liittyvät poliittiset linjaukset. Kausaalisuussuhdeoletukset on jaoteltu neljään eri ryhmään: palaute- (feedback-), suojele- (conservation-), kasvu- (growth-) ja neutraalisuushypoteesi (neutrality hypothesis). Tässä tutkielmassa näitä samaisia hypoteeseja sovelletaan uusiutuvan sähkön ja talouskasvun väliseen Granger-kausalisuuden tarkasteluun. Kuitenkaan päästöjen ja uusiutuvan sähkön välisen ennustusvaikutuksen tutkimiseen nämä hypoteesit eivät tällaisenaan käy, mistä syystä tätä relaatiota tarkastellaan ainoastaan kausaalisuuden suuntien kautta.

1. Palautehypoteesi viittaa kahden suuntaiseen kausaalisuuteen energian kulutuksen ja talouden kasvun välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että molemmat vaikuttavat toisiinsa sekä kehittyvät samansuuntaisesti. Näin ollen kumpaankin kohdistuvat poliittiset toimenpiteet vaikuttavat toiseen. Energiantuotannon lisäys kasvattaa taloutta, talouskasvu lisää energiantuotantoa ja vastaavasti energiaa säästävä (eli energiatehokkuus) politiikka heikentää taloutta.
2. Suojeluhypoteesi viittaa yhdensuuntaiseen kausaalisuuteen talouskasvusta energian tuotantoon. Tämä viittaa tilanteeseen, missä talouden kasvun kiihtyessä myös energian kulutus kasvaa. Tällöin ainoastaan talouteen kohdistuvat poliittiset toimenpiteet vaikuttava energian tuotantoon.

Vastaavasti energiatehokas tai energian kulutusta tai tuotantoa vähentävä politiikka ei vaikuta talouden kehitykseen (siis heikennä sitä). Yhteiskunnan, jossa on havaittavissa suojeluhypoteesia vastaava kausaalisuussuhde, kannattaa panostaa energian kulutusta vähentävään politiikkaan, jotta energiaomavaraisuus kasvaa. Tämän kaltainen kausaalisuussuhde on yleistä yhteiskunnalle, jossa ollaan riippuvaisia tuontienergiasta.

3. Kasvuhypoteesi viittaa vastakkaiseen yhdensuuntaiseen kausaalisuuteen energian kulutuksesta talouden kasvuun. Tämän hypoteesin mukaisesti energian kulutusta lisäävä politiikka kasvattaa taloutta, mutta energiatehokas politiikka on haitallista talouden kasvuille. Vastaavasti äkilliset shokit energian tarjonnassa vaikuttavat negatiivisesti talouden kasvuun. Talouteen kohdistetut poliittiset toimet eivät vaikuta energiantuotantoon tai -kulutukseen.
4. Viimeinen hypoteesi, neutraalisuushypoteesi, perustuu kausaalisuussuhteiden puutteelle. Toisin sanoen energian kulutuksen ja talouden kasvun välillä ei ole korrelaatiota. Näin ollen kasvuhakuiset tai varovaiset energiapolitiikan linjaukset eivät vaikuta talouden kasvuun. Myöskään talouden kasvua lisäävillä poliittisilla toimilla ei ole vaikutusta energian tuotantoon tai kulutukseen.

Kun näitä hypoteeseja sovelletaan tähän pro gradu tutkielmaan, voidaan muodostaa kausaalisuusoletukset hypoteesien paikkansapitävyydestä maittain. Edellä mainittujen hypoteesien mukaisesti Suomessa ja Ruotsissa suhteellisesti heikko energiaomavaraisuus viittaisi mahdolliseen suojeluhypoteesiin. Koska Norja ja Islanti tuottavat lähes kaiken sähkön itse uusiutuvalla sähköllä vallitsee maissa mitä luultavimminkin palautehypoteesin mukainen ennustettavuussuhde. Tanska on siitä erikoinen maa, että sen energiaomavaraisuus on korkea, mutta se turvautuu myös laajasti tuontisähköön. Lisäksi Tanskassa on panostettu laajasti uusiutuvan energian teknologiaan. Mahdollisesti myös Tanskan osalta havaitaan suojeluhypoteesin mukainen ennustettavuussuhde. Poliittisesti Pohjoismaissa tähdätään vahvasti energiatehokkuuteen, mistä syystä on toivottavaa, että kaikkien maiden osalta havaitaan varsinkin pitkällä aikavälillä joko suojeluhypoteesin tai neutraalisuushypoteesin mukaisia kausaalisuussuhteita, jotta talouskasvu ei kärsi.

Eräs tärkeä havainto jonka Ozturk (2010) tekee energian kulutuksen ja talouden kasvun kausaalisuuden välillä on, etteivät tulokset ole yhteneviä. Toisaalta sähkön kulutuksen ja talouden kasvun välinen kausaalisuus näyttäisi Ozturkin mukaan seuraavan pääasiallisesti kasvuhypoteesia eli kausaalisuutta

sähkön kulutuksesta talouden kasvuun maakohtaisessa tarkastelussa (12 tapauksessa 26:sta). Kaikki näistä 12 maasta sijaitsevat Aasiassa. Vastaavasti niputtamalla aineisto paneeliaineistoiksi tätä yleistystä ei enää havaita. On siis selvää, että energian kulutuksen ja talouden kasvun välinen suhde on maakohtaista eikä yleistyksiä suurelle joukolle maita kannata tehdä. Tämä tulisi huomioida myös Euroopan unionin yhteisiä poliittisia linjauksia laatiessa.

Uutta tutkimusta suunniteltaessa Ozturk (2010) toteaa, että huomio tulisi kiinnittää uusien menetelmien ja muuttujien valintaan, käyttäen kontrollimuuttujia tai paneelidataa. Lisäksi alhaisen talouskasvun maita tutkiessa on huomioitava puutteet tilastoinnissa ja havaintojen paikkansapitävyydessä. Kausaalisuustutkimuksen keskeisiä menetelmiä ovat yhteisintegraation testaus ja virheenkorjausmallin (VECM) rakentaminen paneeli- tai aikasarja-aineistolla, ARDL (Autoregressive Distributed Lag)-menetelmä, Toda-Yamamoto -menetelmä sekä Granger-kausalisuuden parittainen testaus. Näitä metodeja käytetään myös uusiutuvan energian ja talouden kasvun välistä kausaalisuutta tutkittaessa, mikä voidaan havaita taulukoista 3 ja 4. Taulukkoon 3 on kerätty keskeiset tiedot aihepiirin tutkimuksista jotka keskittyvät yhden maan tarkasteluun. Vastaavasti taulukossa 4 on tutkimukset joissa on hyödynnetty paneeliaineistoa. Huomionarvoista on, että määrällisesti tutkimuksia on runsaasti, mutta tutkimusten tekijät toistuvat. Kullakin ”tutkijakeskittymällä” on oma tapansa tehdä tutkimusta ja tutkimustulokset näiden ryhmittymien sisällä ovat samansuuntaisia. Tutkimukset uusiutuvan energian aihepiiristä ovat lisääntyneet runsaasti muutaman viime vuoden aikana. Kun tätä pro gradu-tutkielman tutkimuskysymystä muotoiltiin alkuvuodesta 2012, vain osa näistä tutkimuksista oli saatavilla.

Taulukon 3 perusteella eniten käytetty tutkimusmenetelmä maakohtaisessa tutkimuksessa on Toda-Yamamoto –menetelmä, mutta myös muita menetelmiä on käytetty. Vastaavasti yleisesti paneeliaineistokohtaisessa tutkimuksessa on käytetty pääasiallisesti Pedronin yhteisintegtoituneisuustestiä (Pedroni 1999) sekä vektorivirheenkorjausmalleja Granger-kausalisuuden selvittämisessä. Nämä menetelmät sekä Sarin ja Soytasin (2004), Sarin ja muiden (2008) sekä Marquesin ja Fuinhasin(2012b) käyttämät menetelmät Granger-kausalisuuden ilmentämiseksi perustuvat vektori autoregressio (VAR)-malleihin. Kaikkien näiden mallien perusajatuksena on, että hetken  $t$  muuttujaa selitetään omilla, sekä muiden muuttujien viiveillä erilaisin variaatioin. Menetelmistä suuresti poikkeaa Chien ja Hun (2008) tutkimus missä BKT:n ja RE:n välistä suhdetta ilmennetään poikkileikkausaineiston avulla. He keskittyvät tutkimuksessaan tarkastelemaan uusituvan energian kulutuksen vaikutuksia

talouteen pääomakannan sekä vientitaseen (trade balance) kautta SEM (Structural Equation Model)-analyysin avulla.

**Taulukko 3. Keskeiset tutkimukset ja niiden tulokset.**

tutkimus	menetelmä	maa	aikajana	Tutkimusasettelu <sup>3</sup>	pitkän aikavälin tulokset	lyhyen aikavälin tulokset
Menyah ja Wolde-Rufael 2010	Toda-Yamamoto	Yhdysvallat	1960-2007	E, RE, NE, Y	$E \rightarrow RE (+)$ $NE \rightarrow E (-)$ $Y \leftrightarrow E (+)$ $Y \rightarrow RE (-)$	
Payne 2012	Toda-Yamamoto	Yhdysvallat	1949-2009	RE, Y, E, öljyn hinta, politiikka dummy	Politiikka dummy $\rightarrow RE (+)$	Shokit Y:ssä ja E:ssä vaikuttavat RE:hen 4-5 vuodessa positiivisesti
Sadorsky 2009a	Yht.integraatio ja VECM:n perustuva joustoanalyysi	Kanada, Ranska, Saksa, Italia, Japani, Iso-Britannia, Yhdysvallat(G7) (aineistoa käytetty maakohtaisesti sekä paneelina)	1980-2005	$RE = f(Y, \text{öljyn hinta}, E)$	$E \rightarrow RE (+)$ $Y \rightarrow RE (+)$	$E \rightarrow RE$ (Kanada(+), Ranska(+), Japani(-), UK(+)), öljynhinta $\rightarrow RE$ (Ranska (+), UK(-))
Sari ja muut 2008	yhteisintegraatio ja ARDL	Yhdysvallat	2001:1-2005:6 <sup>4</sup>	$RE + NRE(\text{eri muodot}) = f(\text{teollisuuden tuotanto}, EMP)$	hydro, aurinko, tuuli, jäte $\leftrightarrow$ TT, EMP	hydro, aurinko, tuuli, jäte $\leftrightarrow$ TT, EMP
Sari ja Soytas 2004	3 viiven ”generalized forecast error variance decomposition”	Turkki	1969-1999	Y, EMP, RE+NRE(eri muodot)	Ei tutkittu	Ruskohiili, jäte, öljy, vesivoima, kok.sähköntuotanto $\rightarrow Y$
Yildirim ja muut 2012	Toda-Yamamoto	Yhdysvallat	1949-2010	Y, EMP, CAP, RE(eri muodot)	jäteperäinen biomassa $\rightarrow Y$	ei tutkittu
Vaona 2012	Yht.integraatio, VAR, VECM ja Toda-Yamamoto	Italia	1861-2005	Y, NRE, RE1(=vesivoima, aurinkovoima, tuulivoima ja maalämpö) ja RE2 (=vesi-, tuulivoima, eläinperäinen energia ja puupolttoaineet)	$Y \leftarrow NRE (+)$ , $RE2 \rightarrow Y (-)$	Ei havaittua Granger-kausalisuutta

Kaikille tutkimuksille yhteistä on stationaarisuuden tarkastelu. Sen tarkasteluun on luotu useita erilaisia testejä sekä aikasarja- että paneeliaineistolle. Yleisimmin taulukoiden 3 ja 4 tutkimuksissa käytetyt testit aikasarja-aineistolle ovat (Augmented) Dickey-Fuller(ADF) –testi, Phillips-Perron testi sekä KPSS-testi, ja paneeliaineistolle ADF-testi sekä Breitung-testi. Stationaarisuuden tarkastelussa määritellään muuttujan integroituneisuuden aste ja sen merkitys vaihtelee riippuen mitä menetelmää tutkimuksessa

<sup>3</sup> Käytetyt lyhenteet: S=kok.sähkön tuotanto, NUS=ei-uusiutuvien menetelmin tuotettu sähkö (ydinvoima+fossiiliset lähteet), US= uusiutuvien menetelmin tuotettu sähkö, NRE= ei-uusiutuvan energian tuotanto, RE= uusiutuvien menetelmin tuotettu energia, Y=talouden kasvu, E=päästöt, EMP=työvoima, CAP=pääomakanta, NE=ydinvoima

<sup>4</sup> Kuukausidata, kaikki muut tutkimukset on tehty vuosidataa käyttäen

käytetään. Toda-Yamamoto-prosessissa tärkeintä on ainoastaan suurin integroituneisuuden aste, kun taas yhteisintegroituneisuutta testatessa kaikkien muuttujien tulee olla integroituneita samaa astetta. Myös yhteisintegroituneisuuden testaukseen on monia menetelmiä mistä käytetyimmät (aikasarjoille) ovat Engle-Granger-menetelmä, Johansenin suurimman todennäköisyyden menetelmä sekä Sarin ja muiden (2008) hyödyntämä bounds-testi. Paneeliaineistotapauksissa poikkeuksetta on käytetty Pedronin yhteisintegroituneisuus testausta, mikä perustuu Engle-Granger-menetelmän tavoin logaritmisien mallin residuaalin stationaarisuuden tarkasteluun. Yhteisintegroituneisuus taas on edellytyksenä virheenkorjausmalleille, minkä perusteella Granger-kausaalisuutta usein tarkastellaan. Toda-Yamamoto menetelmä keskittyy ainoastaan koko (pitkän) aikavälin tarkasteluun, kun taas virheenkorjausmallin avulla Granger-kausaalisuussuhteita voidaan tarkastella joko lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Metodeita tarkastellaan tarkemmin empiirisessä osiossa.

**Taulukko 4. Paneeliaineistoa hyödyntävät keskeiset tutkimukset.**

tutkimus	menetelmä	maat	aikajana	Tutkimusasettelu	pitkän aikavälin tulokset	lyhyen aikavälin tulokset
Apergis ja muut 2010	Yht.integraatio ja VECM	19 kasvavaa ja korkean elintason maata (sis.Suomi, Ruotsi)	1984-2007	$E=f(NE, US, Y)$	$RE \leftrightarrow Y, RE \leftrightarrow NE, RE \leftrightarrow E, NE \leftrightarrow Y, NE \leftrightarrow E, E \leftrightarrow Y$	$RE \leftrightarrow Y (+), RE \rightarrow E (-), E \rightarrow RE(+), NE \rightarrow E (+), E \rightarrow NE(-), Y \rightarrow NE (-), Y \rightarrow NE(+), E \leftrightarrow Y (+)$
Apergis ja Payne 2010	Yht.integraatio ja VECM	20 OECD maata (sis.Tanska, Islanti, Norja, Ruotsi)	1985-2005	$Y = f(RE(ei\text{ vesivoima}), EMP, CAP)$	$RE \leftrightarrow Y$	$RE \leftrightarrow Y (+)$
Apergis ja Payne 2011a	Yht.integraatio ja VECM	6 Keski-Amerikan maata	1980-2006	$Y = f(US, EMP, CAP)$	$US \leftrightarrow Y$	$US \leftrightarrow Y (+)$
Apergis ja Payne 2011b	Yht.integraatio ja VECM	16 kasvavaa taloutta	1990-2007	$Y = f(US, NUS, CAP, EMP)$	$NUS \leftrightarrow Y, US \leftrightarrow Y$	$NUS \leftrightarrow Y(+), Y \rightarrow US(+)$
Apergis ja Payne 2012a	Yht.integraatio ja VECM	80 maata (sis. Pohjoismaat)	1990-2007	$Y = f(US, EMP, CAP)$	$US \leftrightarrow Y$	$US \leftrightarrow Y(+)$
Apergis ja Payne 2012b	Yht.integraatio ja VECM	80 maata (sis. Pohjoismaat)	1970-2007	$Y = f(US, NUS, CAP, EMP)$	$US \leftrightarrow Y, NUS \leftrightarrow Y$	$US \leftrightarrow Y(+), NUS \leftrightarrow Y(+)$
Apergis ja Payne 2013	Yht.integraatio ja VECM	9 Etelä-Amerikan maata	1990-2007	$Y = f(US, NUS, CAP, EMP)$	$US \leftrightarrow Y, NUS \leftrightarrow Y$	$US \leftrightarrow Y(+), NUS \leftrightarrow Y(+)$
Chien ja Hu 2008	Structural equation model (SEM)	116 maata (sis. Pohjoismaat)	2003	$Y=f(CAP, RE, vientitase, vientienergia, yks. talouden kulutus)$	$RE(\rightarrow CAP) \rightarrow Y$ (epäsuora vaikutus)	Ei aikasarja
Marques ja Fuinhas 2012b	Panel corrected standard errors	24 EU maata	1990-2007	$Y=f(RE, öljy, maakaasu, NE, kivihiili, kok.energia, energiaomavaraisuus(e.om))$	$RE, kivihiili, kok.energia, e.om. \rightarrow Y (-)$ $\text{Öljy, maakaasu, } NE \rightarrow Y (+)$	
Sadorsky 2009b	Yht.integraatio ja VECM	18 kasvavaa taloutta	1994-2003	$RE=f(Y)$ $RE=f(Y, sähkön hinta)$	$Y \leftrightarrow RE$	Ei havaittua Granger-kausaalisuutta

### 3.2.1 Tutkimusasetelmat ja valitut muuttujat

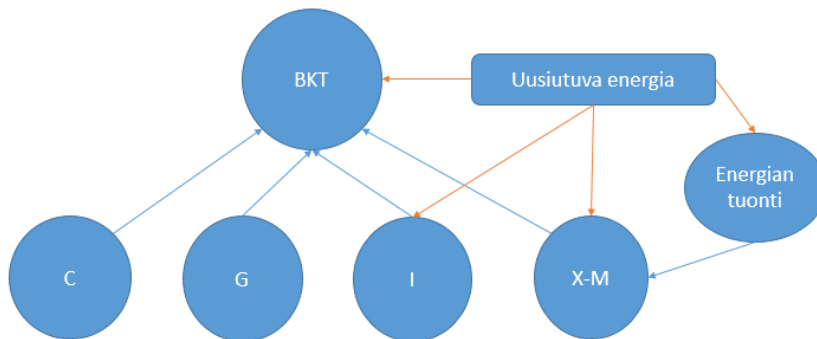
Kausaalisuustutkimuksiin valitut muuttujat vaihtelevat tutkimuksittain. Varsinkaan taulukon 3 maakohtaisten tutkimusten osalta yhtenevää linjausta ei ole havaittavissa. Kaikille tutkimuksille yhteistä kuitenkin on, että niissä tarkastellaan talouskasvua (jota mitataan BKT:nä tai teollisuuden tuotantona) ja uusiutuvaa energiaa/sähköä. Näiden muuttujien sekä kontrollimuuttujien avulla on kyetty muodostamaan useita erilaisia tutkimusasetelmia. Seuraavaksi esittelen joitain perusteluja tutkimusasetelmien ja valittujen kontrollimuuttujien puolesta, joita tutkimusten kirjoittajat ovat esittäneet.

Chienin ja Hu:n (2008) käyttämää makrotalouden teoriakehikkoa BKT:n ”kulutus-lähestymistavasta” (expenditure approach), on muokattu mallintamaan uusituvan energian vaikutuksia BKT:hen. Yksinkertaistetussa perusmallissa BKT muodostuu viidestä yksiköstä, yksityistalouksien kulutuksesta (C), pääomakannasta (capital formation), minkä kasvua mitataan investoinnein ( $I = \text{gross private domestic investments}$ ), julkisen sektorin kulutuksesta (G), viennistä (X) sekä tuonnista (M). Tämä relaatio voidaan esittää kaavana  $BKT = C + I + G + X - M$ . Myöhemmin (X-M) viitataan vientitaseena (TB = trade balance). Lisäksi Chienin ja Hun tutkimuksesta on rajattu pois julkisen sektorin kulutus (G) multikollinearisuuden<sup>5</sup> välttämiseksi. Tutkimusasetelman mukaiset vaikutussuhteet uusiutuvasta energiasta BKT:hen havaitaan kuviosta 10. Uusiutuvan energian kulutus vaikuttaa BKT:hen suorasti sekä epäsuorasti vientitaseen (X-M) ja investointien (I) kautta. Pääomakanta kasvaa uusiutuvan energian teollisuuden kasvun mukaisesti. Perinteisten energian tuotantomenetelmien korvaaminen uusiutuvalla, paikallisesti tuotetulla energialla vaikuttaa vientitaseeseen suorasti kasvattamalla sitä sekä epäsuorasti vähentämällä energian tuontia ( $E = \text{energy imports}$ ). Tässä mallissa vientitaseen odotetaan vaikuttavan myös kuluttajahintoihin (tämä relaatio ei ole havaittavissa kuviosta). He testasivat tätä menetelmää kuuden funktion avulla 116 maan otoksella viidellä eri regressiolla:  $BKT=f(C, I, TB, RE, E)$ ,  $I=f(C, RE)$ ,  $TB=f(E, RE)$ ,  $ST=f(RE)$ ,  $C=f(E, TB)$ .

---

<sup>5</sup> Multikollinearisuus viittaa tilanteeseen, missä muuttuja on sisällytetty regressioon useaan kertaan eli kaksi selittävää muuttujaa on hyvin vahvasti korreloitunut keskenään.

**Kuvio 10. Uusiutuvan energian tuotannon vaikutuskanavat BKT:hen (Chien ja Hu 2008)**



Muita tapoja mallintaa uusiutuvan energian kulutuksen tai tuotannon vaikutuksia BKT:hen on käyttää esimerkiksi tuotantofunktiomallia, missä BKT on yksinkertaisimmillaan funktio pääomakannasta ja työkannasta. Kontrolloimalla näiden muuttujien vaikutusta voidaan havaita uusiutuvan energian tai muiden energiamuotojen vaikutukset BKT:hen. (Apergis ja Payne 2010, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013)

Tutkimukseensa Sadorsky (2009a) on valinnut tarkasteltaviksi BKT:n, uusiutuvan energian ja päästöjen asukaskohtaiset muuttujat sekä öljyn hinnan. Tässä tutkimuksessa aineistona on sekä aikasarja-aineisto että paneeliaineisto. Toisessa tutkimuksessaan (2009b) hän tarkastelee pelkän talouskasvun vaikutusta uusiutuvan energian kulutukseen. Sadorsky(2009a ja 2009b) perustelee valintaansa sisällyttää BKT uusiutuvaa energiaa määrittelevään malliin sillä, että IEA:n (2006, 57) raportin mukaan suurin energian kulutusta kasvattava muuttuja on talouden kasvu (0,5 % jokaista 1 % talouden kasvua kohden). Sadorskyn mukaan kaikissa uusituvan energian kulutusta selittävissä malleissa tulisi sisällyttää BKT tuloja määrittelevänä proxyna. Lisäksi hänen (2009a) mukaansa uusiutuva energia on substituutti fossiiliselle energialle, mistä syystä fossiilisten polttoaineiden (tässä tapauksessa öljy) hinnan nousun tulisi näkyä lisääntyneenä uusiutuvan energian kulutuksena. Hiilidioksidipäästöjen sisällyttämistä malliin hän perustelee poliittisilla syillä. Hänen mukaansa jokainen poliittinen yritys hillitä kasvihuoneilmiötä, millä hän viittaa hiilidioksidipäästöjen hillitsemiseen, vaikuttaa välittömästi negatiivisesti fossiilistenpolttoaineiden käyttöön ja näin lisää uusiutuvien menetelmien käyttöä energian tuotannossa. Molemmissa tutkimuksissa Sadorsky muokkaa tutkimusasetelman pitkän aikavälin



tasapainolle niin, että uusiutuva energia on selitettävä tekijä. Sadorskyn lisäksi myös Sari ja muut (2008) ovat päätyneet tutkimusasetelmaan missä tarkastellaan eri energian kulutuksen muotojen (kivihiili, fossiiliset polttoaineet, vesivoima, aurinkovoima, tuulivoima, maakaasu, puu- ja jäteperäinen energia) sisältämää informaatiota teollisuuden tuotannosta (industrial output) ja työllisyydestä. Sari ja muut kokeilivat myös panos-tuotos metodia, missä teollisuuden tuotanto on tuotos ja eri energiamuotojen kulutus ja työllisyys panoksia. Kuitenkaan tämä kokeilu ei tuottanut haluttuja tuloksia.

Payne (2012) sai innoituksen tutkimukseensa Sadorskyn (2009a) tutkimuksen tuloksista. Näin ollen hän päätyi tarkastelemaan talouskasvun, uusiutuvan energian, päästöjen, öljyn hinnan ja poliittisten muuttujien välillä Yhdysvaltojen osalta. Tähän hän käytti Toda-Yamamoto menetelmää. Poliittisia muuttujia varten luotiin dummy-muuttuja, joka kuvasi 1978 lähtien vaikuttanutta uusiutuvaa energiaa koskevaa lainsäädäntöä ja poliittisia toimenpiteitä (tässä tapauksessa feed-in tariffia).

Apergis ja muut (2010) ovat tarkastelleet päästöjen, ydinvoiman, uusiutuvan sähkön ja talouden kasvun välisiä suhteita 19 maan osalta. Vastaavasti Menyah ja Wolde-Rufael (2010) ovat tarkastelleet Yhdysvaltojen tilannetta lähes samoin muuttujin; ainoastaan uusiutuvan sähkön tuotannon sijaan tarkastellaan uusiutuvan energian kulutusta. Talouden kasvua molemmissa tutkimuksessa mitataan BKT:llä, kummassakaan paperissa ei perustella BKT:n valintaa malliin, mutta oletettavasti se toimii kontrollimuuttujan roolissa (eli sillä tiedetään olevan vaikutusta päästöihin).

Marques ja Fuinhas (2012b) ovat valinneet lähtökohdaksi edellisistä poikkeavan asetelman. Heidän mallissaan pitkän aikavälin selitettävänä muuttujana on myös talouskasvu (mitataan BKT:n logaritmina), kontrollimuuttujina kuitenkin toimivat asukaskohtainen energiankulutus ja tuontienergian osuus kokonaisenergiasta eli energiaomavaraisuus. Näiden kahden kontrollimuuttujan valintaa he perustelevat muuttujien liittämistä talouskasvuun aiemmissa energia ja talouskasvun välistä relaatiota tarkastelevissa tutkimuksissa. Tämän lisäksi tarkastellaan perinteisiä sähköntuotantomenetelmiä eli ydinvoimaa, sekä yksittäisiä fossiilisia polttoaineita, sekä uusiutuvien menetelmien osuutta kokonaisenergian tuotannosta.

### 3.2.2 Tulokset

Tarkasteltaessa taulukon 3 tuloksia, huomataan että vaikka näistä tutkimuksista viisi mittaa Granger-kausaalisuutta Yhdysvalloissa, on tulokset erilaisia tutkimuksittain. Vastaavasti paneeliaineistoa käyttäneistä tutkimuksista kahdeksan kymmenestä päätyi tulokseen, missä pitkällä aikavälillä vallitsee kahdensuuntaista Granger-kausaalisuutta.

Tutkimuksista seitsemän on Apergiksen ja Paynen (ja muiden) aikaansaannosta ja näiden tutkimusten tulokset ovat samankaltaisia. Tutkimuksissa on löydetty kahdensuuntaista kausaalisuutta niin pitkällä kuin lyhyellä aikavälillä. Apergiksen ja Paynen metodit ovat samoja tutkimuksesta toiseen, ja ne perustuvat pääasiallisesti tuotantofunktio esitystapaan. Erot tutkimusten välillä on saatu varioimalla otosmaita sekä aikaväliä. Ainoastaan yhden tutkimuksen tulokset poikkeavat muista (Apergis ja Payne 2011b). Tässä tutkimuksessa lyhyen aikavälin kausaalisuus on suojeluhypoteesin mukainen palautehypoteesin sijaan. Tämä tutkimus poikkeaa muista mahdollisesti siksi, että maat jotka tutkimukseen on sisällytetty, ovat nopean talouskasvun maita. Lisäksi tutkimuksesta on rajattu pois öljyä tuottavat maat. Näin ollen lyhyellä aikavälillä energiatehokkaalla politiikalla ei ole vaikutusta talouteen, mutta pitkällä aikavälillä talous heikentyy.

Apergis ja muut (2010) havaitsivat tutkimuksessaan päästöjen ja uusiutuvan energian sekä ydinvoiman välisestä ennustevaikutuksista, että ydinvoima on paras metodi vähentää hiilidioksidipäästöjä. Vastaavasti uusiutuvan energian hyödyntäminen vaikutti päästöihin positiivisesti. Myös Menyahin ja Wolfe-Rufaelin (2010) tulokset olivat vastaavat: uusiutuvan energian tuotannolla ei ole ennustavaa vaikutusta päästöihin. Vastaavasti ydinvoiman käytöllä oli. Talouden kasvun ja päästöjen välillä vallitsee kahdensuuntaista kausaalisuutta, mikä Menyahin ja Wolfe-Rufaelin mukaan viittaa siihen, että päästöjä ei voida hillitä hidastamatta talouskasvua.

Sadorskyn (2009a) tuloksista käy ilmi maiden väliset eroavaisuudet. Hänen tutkimuksensa on ainoa jossa maita on käsitelty yksittäin ja vertailtu toisiinsa. Tulokset ovat siitä mielenkiintoisia että vaihtelut maiden välillä ovat suuria. Pitkällä aikavälillä tasapaino havaitaan ja erot muodostuvat joustojen tulkinnoista. Iso-Britanniassa (UK) yhden prosentin kasvu tuloissa vaikuttaa uusiutuvan energian kasvuun 28% verran, vastaavasti Kanadassa vain 3%. Lyhyellä aikavälillä joustosuhteet olivat hajanaisempia. Ainoa yhtäläisyys tuloksissa oli joustovaikutuksen puuttuminen uusiutuvan energian ja tulojen välillä.

Toda–Yamamoto -metodia hyväksi käyttäen Yildirim ja muut (2012) löysivät relaation jäteperäisen biomassan tuotannosta talouden kasvuun Yhdysvalloissa. Muiden uusiutuvien energiamuotojen ei kuitenkaan havaittu vaikuttavan merkitsevästi talouteen. Samaa tekniikkaa käyttänyt Payne (2012) havaitsi, että pitkällä aikavälillä äkilliset shokit BKT:hen ja päästöihin vaikuttivat positiivisesti uusiutuvan energian kulutukseen. Kuitenkaan muuttujien välillä ei havaittu Granger-kausalisuutta.

Ainoa ennustettavuussuhde Paynen tutkimuksessa oli politiikkamuuttujasta uusiutuvan energian kulutukseen.

Vaonan tutkimuksessa käytettiin hyväksi kolmea eri Granger-kausaalisuuden toteamismenetelmää: Toda-Yamamoto-mallin avulla, virheenkorjausmalli Johansenin menetelmän avulla luotuna sekä vektori virheenkorjausmenetelmää hyväksi käyttäen, mikäli integroituneisuuden tai yhteisintegroituneisuuden osilta vaatimukset eivät täytyneet. Toda-Yamamoto menetelmää käytettiin kun aineisto oletettiin stabiiliksi. VECM mallia taas silloin kun aineistossa sallittiin aineiston jaksottaminen (structural breaks). VAR malleja taas on hyödynnetty molemmissa tapauksissa. Tulokset olivat yhteneviä kaikkien kolmen mallintamisen kohdalla. Tuloksista käy ilmi kahdensuuntainen kausaalisuus fossiilisten menetelmien ja talouden kasvun välillä, negatiivinen Granger-kausaalisuus uusiutuvasta energiasta RE2(kaikki uusiutuvat muodot) talouden kasvuun, sekä Granger-kausaalisuuden puute RE1(vesi-, tuuli-, aurinko- ja maalämpöenergia) ja talouskasvun välillä.

Marques ja Fuinhasin (2012b) tutkimuksen mukaan sekä kivihiilen poltto että uusiutuvien menetelmien osuus kokonaisenergiasta johtaa talouskasvun heikkenemiseen EU-maissa. Kivihiilen talousheikkoudet johtuvat kolmesta syystä. Ensiksi, se on runsas hiilidioksidipäästöinen menetelmä, varsinkin EU-alueella hiilidioksidipäästöjä säännellään mikä johtaa kivihiilen polton kallistumiseen. Toiseksi, kivihiilen polttoteknologia ei ole kovinkaan tehokasta ja varsinkin prosessin aikana hukkalämpö on suurta. Viimeiseksi, kivihiilen poltto yhdistetään usein tilanteeseen, milloin muita raaka-aineita ei ole helposti saatavilla. Vastaavasti uusiutuvien energialähteiden oletetaan olevan kallista mikä hidastaa osaltaan talouskasvun kehitystä.

### 3.3 Muut tutkimukset

Muut aihepiiriin liittyvät tutkimukset liittyvät lähinnä poliittisten instrumenttien valintaan, tai poliittisten linjausten aikaansaannoksien tarkasteluun. Marques ja Fuinhas (2012a) selvittivät tutkimuksessaan kuinka uusiutuvaa energiaa lisäävät poliittiset linjaukset ovat vaikuttaneet talouskasvuun 24 EU maassa. Sung ja Song (2013) vastaavasti tarkastelevat kausaalisuutta poliittisten linjausten ja uusiutuvan energiateknologian viennin välillä. Sung ja Song huomasivat että prosentin suuruinen investointi T&K:hon lisää uusiutuvan teknologian vientiä 0,8%. Lisäksi lyhyellä aikavälillä havaittiin kahdensuuntaista kausaalisuutta. Marques ja Fuinhas (2012a) toteavat tutkimuksessaan että uusiutuvien energialähteiden lisäys ei johdu taloudellisista attribuuteista, vaan päätös lisätä uusiutuvia

energianlähteitä on puhtaasti poliittinen. Heidän tutkimuksen mukaan uusiutuvat energianlähteet vaikuttavat negatiivisesti talouden kasvuun. Lisäksi he toteavat, että uusiutuvia menetelmiä tulisi tukea ainoastaan investoinnein T&K:hon.

Uusiutuvan energian kulutuksen vaikutusta eri muuttujiin on tutkittu myös muunlaisin menetelmin. Chien ja Hu (2007, 2008) käyttivät tutkimuksissaan DEA-(Data Envelopment Analysis) sekä SEM (Structural Equation Model)-analyysijä, sekä Chang ja muut (2009) käyttivät avukseen PTR- (Panel Threshold Regression) metodologiaa. Chienin ja Hun menetelmät perustuvat paneelipoikkileikkausaineistolla yhdelle (2008) tai kahdelle periodille (2007) tehdyille regressioille. DEA (Data Envelopment Analysis) -analyysissä talouden panokset koostuvat työvoimasta, pääomakannasta sekä energian kulutuksesta, vastaavasti tuotos koostuu BKT:stä (2007). Nämä talouden panokset ja tuotos määrittävät maan teknisen tehokkuuden. Tässä tutkimuksessa keskitytäänkin uusiutuvan energian substituutiovaikutukseen teknistä tehokkuutta mitattaessa. Tulokset osoittavat että lisäämällä uusiutuvan energian osuutta kokonaisenergiankulutuksessa lisätään teknistä tehokkuutta. Tulokset eroavat siinä että OECD-maissa ei vaikutus ole yhtä suuri kuin OECD:n ulkopuolisissa maissa. Vastaavasti Chang ja muiden (2009) tutkimuksessa tarkastellaan energian hinnan (consumer price index) vaikutusta uusiutuvaan energiaan eri talouskasvun OECD maissa 1997–2006 välisenä aikana. Tutkimuksesta selvisi, että korkean talouskasvun maat pystyvät nostamaan uusiutuvan energian osuutta huolimatta energian hinnan noususta, vastaavasti alhaisen talouskasvun maissa näin ei ole.

## 4 Empiirinen osio

Tämän pro gradu -tutkielman empiirisessä osiossa keskitytään uusiutuvan sähkön ja talouskasvun sekä uusiutuvan sähkön ja päästöjen välisen Granger-kausaalisuuden tarkasteluun. Näiden relaatioiden tarkasteluun käytetään Toda-Yamamoto -metodia sekä yhteisintegraatiotestausta Johansenin ML (maximum likelihood) eli suurimman todennäköisyyden -testauksella. Lisäksi Toda-Yamamoto -prosessin avulla havaittuja Granger-kausaalisuussuhteita verrataan parittaisen Granger-kausaalisuustestin tuloksiin. Tässä osiossa kuitenkin pääpaino on maakohtaisten tulosten vertailulla toisiinsa.

Empiirinen osio rakentuu kolmesta alaosiosta: ensimmäiseksi tarkastellaan aineistoa graafisesti, tilastollisesti sekä korrelaatioiden kautta. Seuraavaksi tarkastellaan käytettyjä tutkimusmenetelmiä sekä saatuja tuloksia. Viimeiseksi saatuja tuloksia vertaillaan aiempiin tutkimustuloksiin sekä aiemmin tehtyihin olettamuksiin.

### 4.1 Aineisto

Aineistona on käytetty aikasarja-aineistoa Pohjoismaiden osalta. Aineisto koostuu viidestä kokotalouden sarjasta: maakohtaisesta bruttokansantuotteesta (Y), uusiutuvalla energialla tuotetusta sähköstä (RE), hiilidioksidipäästöistä (E) sekä kontrollimuuttujista pääomakanta (=gross fixed capital formation) (CAP) ja työllistyneiden määrä (EMP). Tutkielmassa tarkastellaan Pohjoismaita eli Suomea, Ruotsia, Norjaa, Tanskaa ja Islantia. Aineisto on aikaväliltä 1960-2010. Havaintoja aineistossa on maasta riippuen 20-51.

Muuttujista Y, RE, E ja CAP on koottu Maailmanpankin tilastotietokannasta. E viittaa maan hiilidioksidipäästöihin mitattuna kilotonneissa. Y viittaa bruttokansantuotteeseen, joka on skaalattu vuoden 2000 US dollarin tasoon. RE viittaa uusiutuvien menetelmin tuotetun sähkön määrään, mitä mitataan kilowattitunteina (kWh). RE muuttujaan on sisällytetty vesivoimalla, tuulivoimalla, aurinkoenergialla, maalämmöllä, biomassaenergialla, biokaasuilla, sekä kaatopaikkajätteestä ja jäteveden puhdistamoista tuotetuilla kaasuilla tuotettu sähkö. Tilastokeskuksen määritelmän mukaan CAP eli pääomakanta koostuu tuotantoon käytettävistä kiinteistä, aineellisista ja aineettomista, varoista. Y, RE ja CAP muuttujien osilta havaintoja on vuosilta 1960-2010. E muuttujan osalta vuosi 2010 puuttuu.

EMP muuttujan havainnot on kerätty eri lähteistä, mutta ne perustuvat EU:n yhteiseen Työvoimatutkimukseen (Labour Force survey). Työllisyysmuuttujaan sisältyy kaikki 15-74 työtä tekevät

niin itsensä työllistävät kuin muiden palveluksessa olevat. Tanskan osalta EMP muuttujan havainnot on kerätty OECD:n tilastotietokannasta. Tilastosta puuttuvat vuodet 1961, 1962, 1963, 1964, 1966 ja 1968. Työllistyneiden määrä Norjan osalta on peräisin Norjan kansallisen tilastotietokannan kotisivuilta. Havainnot alkavat vuodesta 1972. Myös Islannin työllistyneisyystilasto on peräisin kansalliselta tilastotietokantasivustolta. Havaintoja on vuosilta 1990-2010. Ruotsin ja Suomen osalta tilastot ovat peräisin Yhdistyneiden Kansakuntien (YK) tilastotietokannasta. Havaintoja Ruotsin osalta on vuodesta 1969 eteenpäin ja Suomen osalta vuodesta 1970 aina vuoteen 2008. Koska Suomen osalta vuodet 1989-2008 olivat yhteneviä YK ja Tilastokeskuksen tilastoissa, on vuodet 2009 ja 2010 täydennetty Tilastokeskuksen sivuilta saaduilla tiedoilla. Ruotsin osalta vuodet 2009 ja 2010 on täydennetty kansallisen tilastokeskuksen työllisyys-vuosikirjatietojen perusteella. Vuodet 2000 - 2008 olivat yhteneviä.

Muuttujista käytetään luonnollinen logaritmi -muunnoksia sekä ensimmäistä differenssiä, näihin viitataan L(logaritmi) ja DL(logaritmin ensimmäinen differenssi) lyhenteillä. Muuttujien logaritmimuunnoksia käytetään, jotta muuttujien trendit tulevat linearisoiduiksi sekä yhteisintegraatioregressioita tarkasteltaessa niistä saadaan joustotulkinnat. Muuttujista on tehtävä differenssimuunnokset parittaisia Granger-kausalisuustestejä varten. Estimoinnit on tehty käyttäen Gretl-, Eviews 7- ja Stata 12 -ohjelmistoja, tulosten esittelyssä on käytetty Excel-ohjelmistoa. Muuttujakohtaiset tilastolliset jakaumien kuvailut löytyvät liitteestä 1 kaikkien muuttujien osalta maittain.

#### **4.1.1 Graafinen tarkastelu**

Kuvaajien perusteella voidaan alustavasti määritellä liittyykö havaintoihin determinististä tai stokastista trendiä. Deterministisestä trendistä poikkeavat arvot ovat lyhytaikaisia kun taas stokastisen trendin kohdalla trendin poikkeama käyttäytyisi random walk prosessin mukaisesti. Lisäksi kuvaajien avulla voidaan havainnoida onko trendi lineaarinen, kasvava tai laskeva. Kuvaajia tarkastellaan, jotta alustavasti voidaan selvittää onko muuttuja epästationaarinen eli käyttäytyykö muuttuja random walk prosessin mukaisesti. Random walk viittaa ilmiöön, missä havaittu arvo ei palaa odotusarvoon vaan ero havaitun ja todellisen arvon välillä kasvaa. Tätä tarkastellaan tarkemmin yksikköjuuritestin avulla kohdassa 4.2.1. Kuvaajien perusteella voidaan alustavasti määrittää tuleeko yksikköjuuritestiin sisällyttää vakio, vakio ja trendi vai ei mitään. (Stock ja Watson 2012)

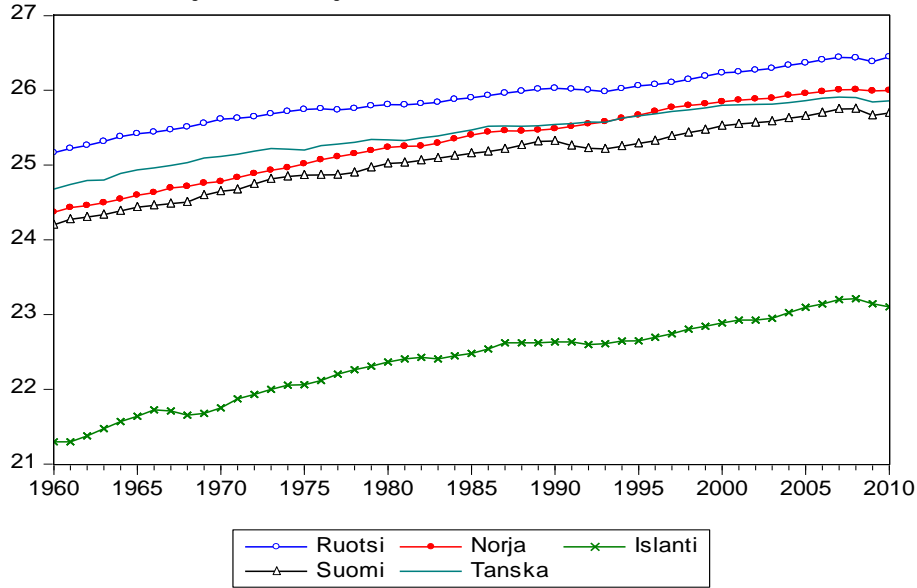
Kuvaajat on esitelty muuttujittain, ensin logaritmisessa muodossa ja sitten yksittäisinä kuvioina logaritmin ensimmäisen differenssin osalta. Ensimmäisenä kuvioissa 11 ja 12 on esiteltynä bruttokansantuotetta kuvaava muuttujat. Kuvioden perusteella kaikkiin tasomuuttujiin liittyy lineaarisesti kasvava trendi. Stationaarisuutta tutkittaessa yksikköjuuritestein on kaikkien maiden kohdalla logaritmisten muuttujien tarkasteluun lisättävä trendi ja vakio. Ensimmäisen differenssin kuvaajissa on kausimuuttujien vaihtelut neutralisoitu eli yksikköjuuritestauksessa ei tarvitse ottaa huomioon trendiä. Tämä pätee kaikkien muuttujien differenssikuvaajiin.

Kuviossa 13 on esiteltynä muuttujan LRE kuvaajat. Ruotsin, Norjan ja Suomen osalta voidaan sanoa että ajan kuluessa muuttuja ei kasva huomattavasti. Siksi yksikköjuuritestaukseen ei ole välttämätöntä sisällyttää trendiä, luultavasti pelkkä vakio on riittä. Tanskan osalta trendi ei ole lineaarisesti kasvava tarkastellulla aikaperiodilla. Mahdollisesti Tanskan osalta kuvaajaa tulee tarkastella kahdella eri aikavälillä 1960-1975 (vakio, ei trendiä) ja 1976-2010 (vakio ja lineaarisesti kasvava trendi), mikäli muuttujan stationaarisuudessa ilmenee ongelmia. Islannin kohdalla muuttujaan tulee liittää positiivisesti kasvava trendi vakion lisäksi.

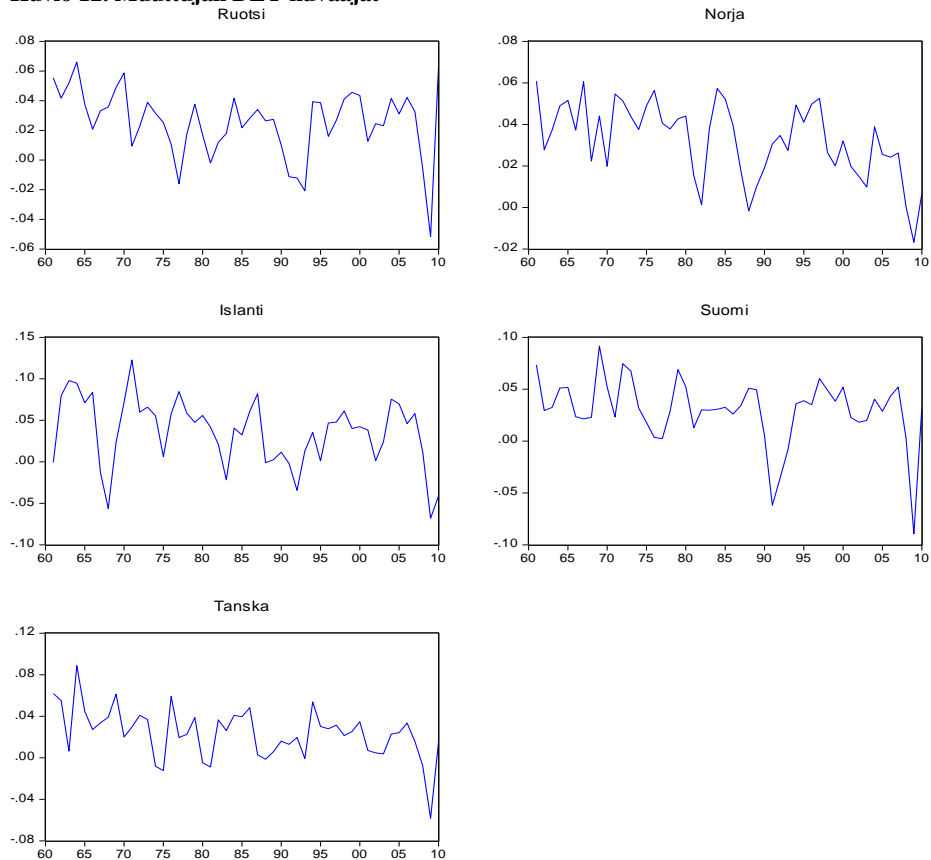
Kuvioissa 15 ja 16 on esiteltynä päästömuuttujat. Ruotsissa ja Tanskassa päästöjen määrä on vähenemässä tai ainakin pysyy samana, kun taas Suomessa, Islannissa ja Norjassa liittyy päästöjen määrään maltillisesti kasvava lineaarinen trendi.

Kuvioissa 17-20 tarkastellaan kontrollimuuttujia. Työllisyyttä käsittelevien muuttujien kuvaajasta on havaittavissa puuttuvat havainnot, sekä työllisyyskannan tasaisuus yli ajan. Pienet muutokset työllisyydessä on havaittavissa Suomen, Ruotsin ja Tanskan kohdalla 90-luvun alussa. Lisäksi 2000-luvun lopulla Islannin ja Ruotsin työllisyystasossa on havaittavissa pieni notkahdus. Pääomakanta muuttujan kuvaajiin liittyy selkeimmät kasvutrendit, mikä on nähtävissä kuviosta 19.

**Kuvio 11. Muuttujan LY kuvaajat**

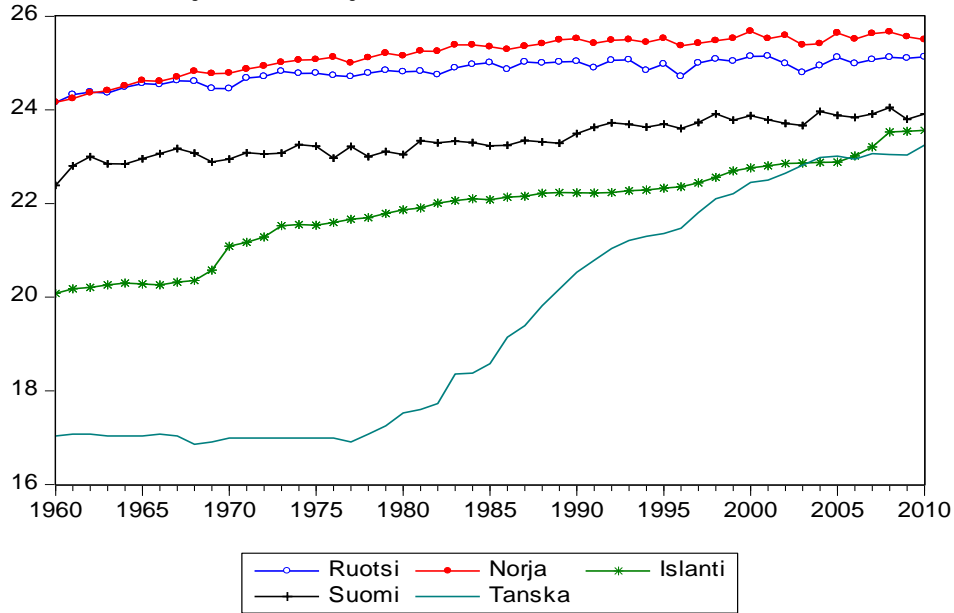


**Kuvio 12. Muuttujan DLY kuvaajat**

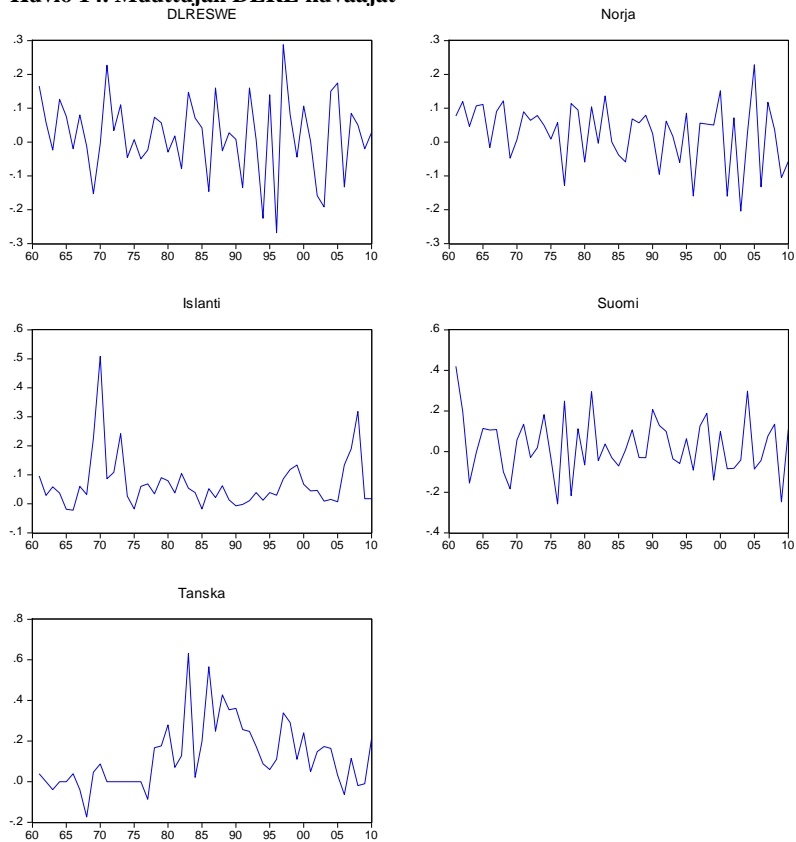




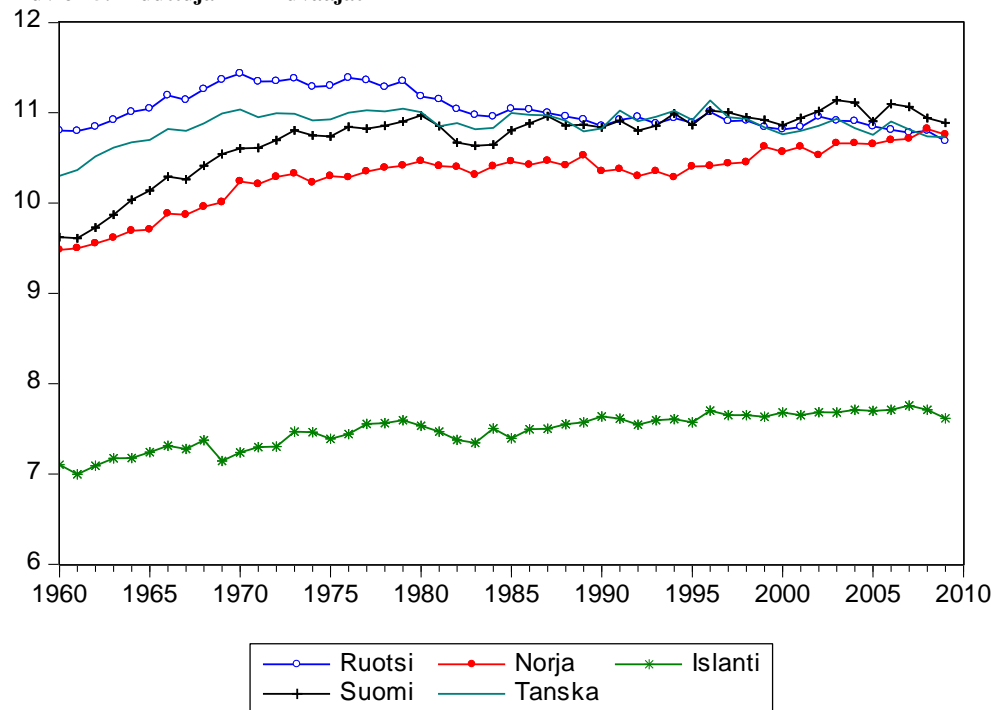
**Kuvio 13. Muuttujan LRE kuvaajat**



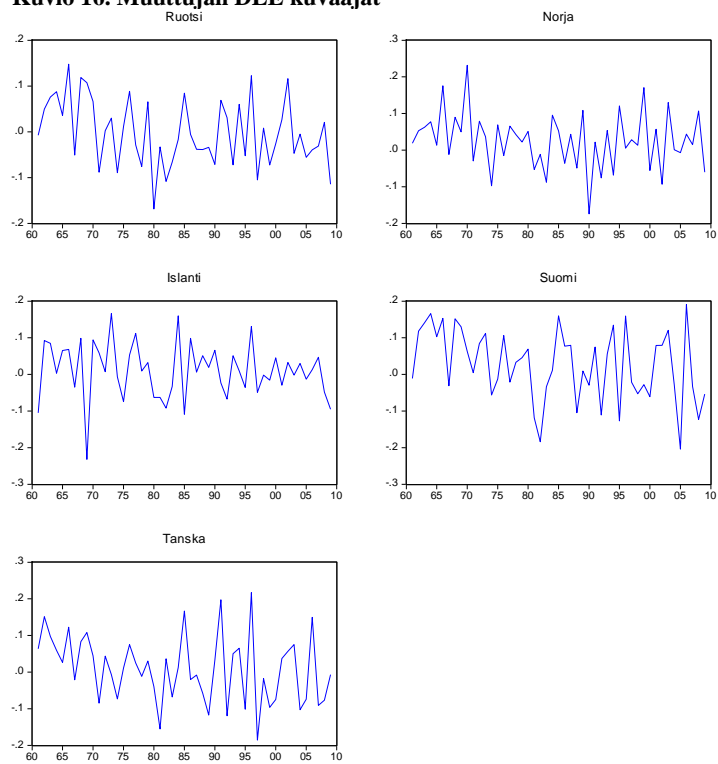
**Kuvio 14. Muuttujan DLRE kuvaajat**



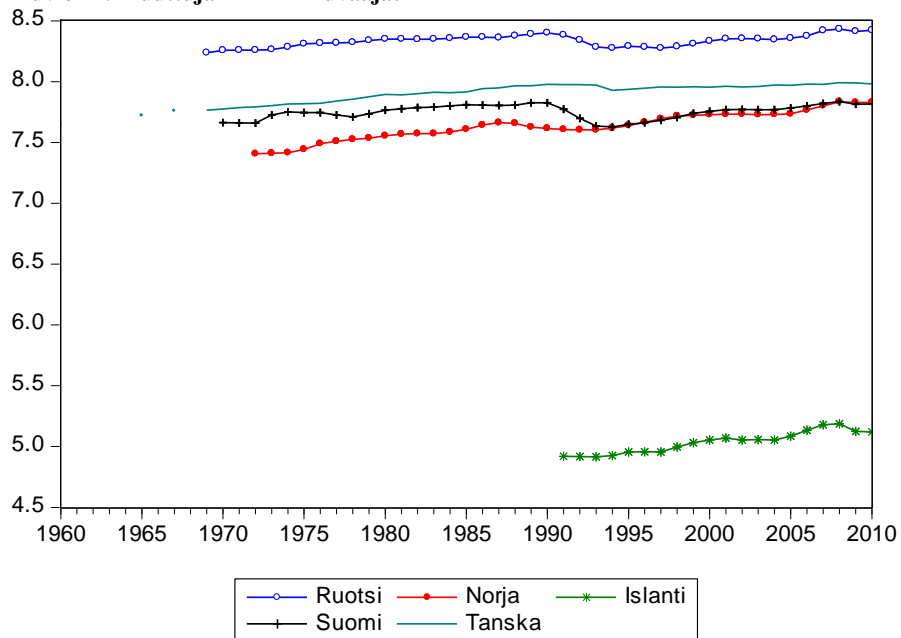
**Kuvio 15. Muuttujan LE kuvaajat**



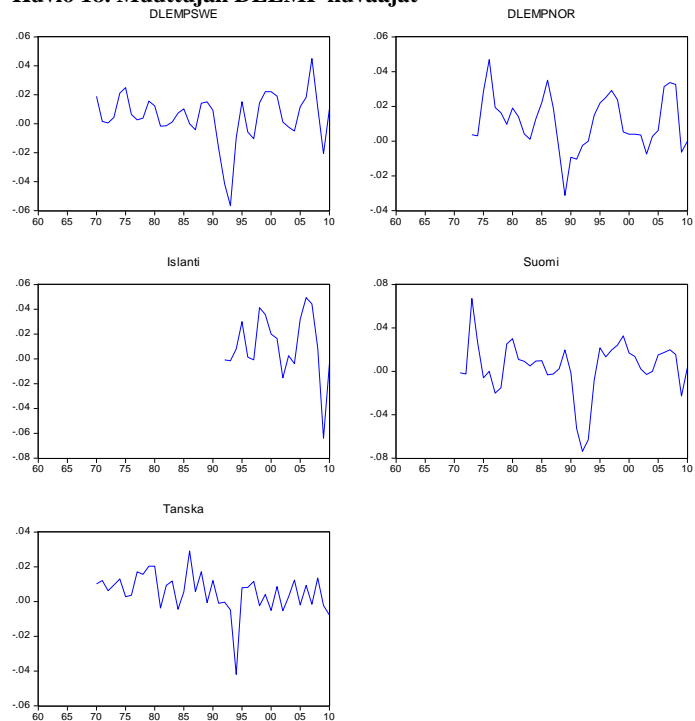
**Kuvio 16. Muuttujan DLE kuvaajat**



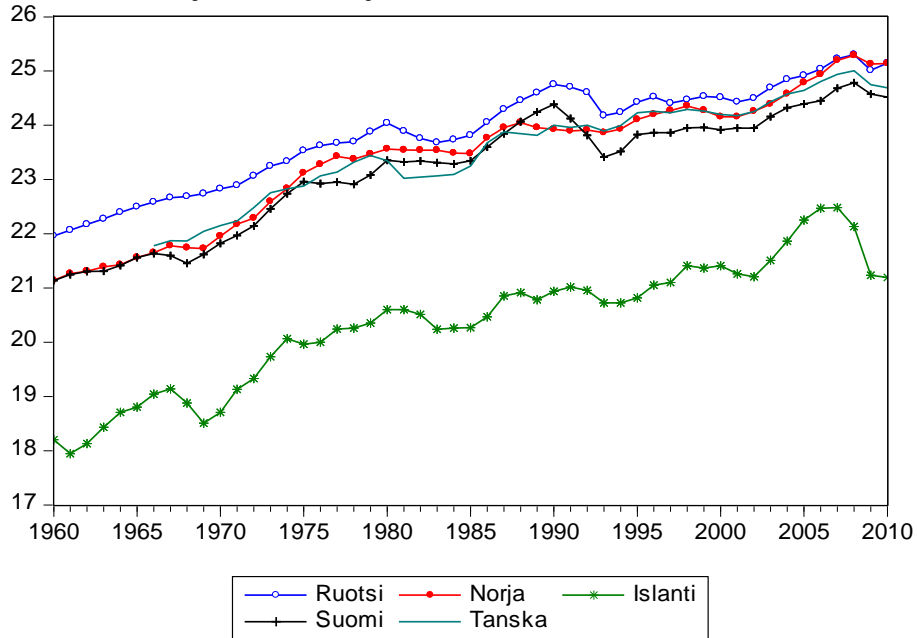
**Kuvio 17. Muuttujan LEMP kuvaajat**



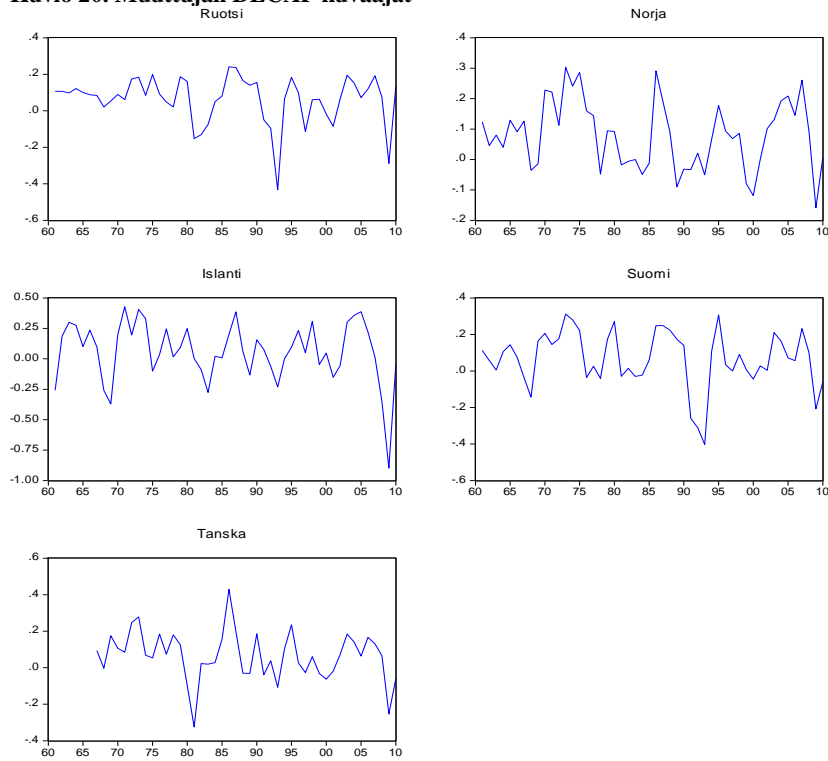
**Kuvio 18. Muuttujan DLEMP kuvaajat**



**Kuvio 19. Muuttujan LCAP kuvaajat**



**Kuvio 20. Muuttujan DLCAP kuvaajat**



#### 4.1.2 Muuttujien korreloituneisuus

Muuttujien väliset korrelaatiokertoimet maitten välillä viittaavat siihen, että myöhemmän vaiheen tulokset ovat maakohtaisia (taulukko 5). Kontrollimuuttujien CAP ja EMP muuttujien maiden väliset korrelaatiot ovat poikkeuksitta positiivisia. Myös talouden kasvu näyttäisi kehittyvän saman suuntaisesti maiden välillä. Päästöjä kuvaava muuttuja korreloi maittain Suomen, Ruotsin ja Tanskan kesken. Muiden maiden välinen korrelaatio on heikkoa. Suurimmat erot ovat RE muuttujan kohdalla. Islannin ja Tanskan välinen korrelaatio on negatiivista, joskin heikkoa. Monessa tapauksessa korrelaatio on lähes 0. Ainoa vahva korrelaatio RE muuttujan kohdalla on Ruotsin ja Norjan välillä., myös Ruotsin ja Suomen välillä on havaittavissa positiivista korrelaatiota. Suomen ja Norjan välinen korrelaatio on myös positiivista mutta heikkoa. Korrelaatiot on laskettu logaritmin differenssimuotoisten muuttujien välille, koska niissä aikatrendin vaikutus on jo poistettu. Lisäksi liitteeseen 2 on sisällytetty uusiutuvan sähkön ja muiden muuttujien väliset hajontakuviot.

**Taulukko 5. Differenssimuotoisten muuttujien väliset korrelaatiot maittain**

DLRE						DLE					
	Tanska	Suomi	Islanti	Norja	Ruotsi		Tanska	Suomi	Islanti	Norja	Ruotsi
Tanska	1,000					Tanska	1,000				
Suomi	0,088	1,000				Suomi	0,721	1,000			
Islanti	-0,138	0,011	1,000			Islanti	0,142	0,281	1,000		
Norja	0,014	0,190	0,032	1,000		Norja	0,183	0,297	0,098	1,000	
Ruotsi	0,054	0,416	0,014	0,659	1,000	Ruotsi	0,606	0,579	0,210	0,222	1,000
DLEMP						DLCAP					
	Tanska	Suomi	Islanti	Norja	Ruotsi		Tanska	Suomi	Islanti	Norja	Ruotsi
Tanska	1,000					Tanska	1,000				
Suomi	0,256	1,000				Suomi	0,536	1,000			
Islanti	0,105	0,509	1,000			Islanti	0,471	0,503	1,000		
Norja	0,224	0,530	0,546	1,000		Norja	0,596	0,648	0,633	1,000	
Ruotsi	0,164	0,874	0,616	0,449	1,000	Ruotsi	0,663	0,805	0,570	0,600	1,000
DLY											
	Tanska	Suomi	Islanti	Norja	Ruotsi						
Tanska	1,000										
Suomi	0,300	1,000									
Islanti	0,780	0,372	1,000								
Norja	0,296	0,389	0,409	1,000							
Ruotsi	0,576	0,620	0,532	0,325	1,000						

## 4.2 Tutkimusmenetelmä ja tulokset

Tässä tutkielmassa hyödynnetään Toda-Yamamoto -prosessia muuttujien välisen Granger-kausalisuuden toteamiseksi. Tutkimusprosessi etenee seuraavasti (Toda ja Yamamoto 1995)<sup>6</sup>: ensimmäiseksi todetaan muuttujien korkein integroituneisuus aste ( $d_{\max}$ ) muuttujien stationaarisuutta tarkastelemalla, seuraavaksi valitaan VAR malleihin viiveet ( $p$ ), tämän jälkeen luodaan haluttu VAR malli logaritmisin muuttujin  $p+d_{\max}$  viivemäärällä ja viimeiseksi tarkastellaan Granger-kausalisuutta Waldin rajoitetestauksen avulla.

Tämän prosessin lisäksi testataan muuttujien välistä yhteisintegroituneisuutta Johansenin suurimman todennäköisyys (ML) -menetelmän avulla, ja tarkastellaan tukevatko Toda-Yamamoto Granger-kausalisuuden testaus ja Johansenin ML testaus toisiaan. Tämän lisäksi yhteisintegraatiotestauksen avulla voidaan havaita pitkän aikavälin tasapaino ja muuttujien joustovaikutukset, mikäli muuttujat ovat integroituneita samaa astetta. Viimeiseksi tarkastellaan kuinka kontrollimuuttujien lisääminen malleihin on vaikuttanut Granger-kausalisuuden havaitsemiseen tekemällä parittaiset Granger-kausalisuustestit muuttujittain.

Tässä pro-gradu tutkielmassa tilastollisesta merkitsevyydestä, eli todennäköisyysarvoista ( $p$ -arvoista) käytetään merkintöjä \*, \*\* ja \*\*\*. Nämä viittaavat 10%, 5% ja 1%-tasoihin 0-hypoteesien hylkäyksen yhteydessä.

### 4.2.1 Toda-Yamamoto –prosessi

Toda-Yamamoto –menetelmää käyttämällä voidaan kiertää muutama mahdollinen ongelma. Engle-Granger<sup>7</sup> menetelmällä sekä Johansenin<sup>8</sup> menetelmällä testattaessa yhteisintegroituneisuutta on muuttujien oltava integroituneita samaa astetta. Toda-Yamamoto – menetelmässä sallitaan muuttujien eri integroituneisuuden aste, ainoastaan korkeimmalla integroituneisuuden asteella on merkitystä (Toda

---

<sup>6</sup> Lisäksi käytännön neuvoja Eviewsillä prosessin suorittamiseen on antanut Giles (2013)

<sup>7</sup> Engle-Granger –menetelmä yhteisintegraation sekä ennustettavuussuhteiden toteamiseksi on tiivistetysti seuraava: muuttujien (jotka ovat integroituneet samaa astetta) avulla muodostetaan yhteisintegraatioregressio, minkä jälkeen yhteisintegraatioregression virhetermin stationaarisuutta tarkastellaan. Mikäli virhetermi on stationaarinen, on yhteisintegraatiota havaittavissa ja ennustettavuussuhteiden toteamiseksi voidaan luoda virheenkorjausmallit. (Stock ja Watson 2012)

<sup>8</sup> Katso kohta 4.2.2

ja Yamamoto 1995). Engle-Granger ja Johansenin menetelmien avulla Granger-kausaalisuussuhteita ei voida testata virheenkorjausmallilla, mikäli yhteisintegroituneisuutta ei havaita. Vastaavasti Toda-Yamamoto menetelmässä yhteisintegroituneisuutta ei edellytetä. Tämä johtaa siihen, ettei Toda-Yamamoto –menetelmällä voida tarkastella pitkän aikavälin tasapainoa ja niin joustovaikutukset jäävät toteamatta pelkästään tätä menetelmää hyödynnettäessä. Kuitenkin Toda-Yamamoto menetelmässä otetaan huomioon Granger-kausaalisuus koko tarkastellulla aikavälillä, kun taas virheenkorjausmallin avulla voidaan todeta myös lyhyen aikavälin Granger-kausaalisuus.

#### 4.2.1.1 Stationaarisuus

Stationaarisuuden tutkimiseen käytetään laajennettua Dickey-Fuller(ADF) yksikköjuuritestiä. Testissä tarkastellaan mallia

$$(3) \quad DY_t = \mu + \alpha Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i DY_{t-i} + u_t$$

missä  $i=1,2,\dots,p$ ,  $p$  viittaa viiveiden määrään,  $Y$  on tarkasteltava muuttuja, ja  $u_t$  on mallin residuaali.  $\mu$ :hyn on sisällytetty joko vakio, vakio ja trendi, vakio, trendi ja trendin neliö tai ei mitään.

ADF-testissä tarkastellaan  $Y_{t-1}$ :n kerrointa. Hypoteesin hyväksyminen ja hylkääminen tapahtuu tutkimalla kertoimen  $\alpha$  t-testisuuretta ja t-testisuureen p-arvo perustuu MacKinnonin (1996) määrittelemiin hylkäysrajoihin 1%-, 5%- ja 10%-tasoilla. Testattava hypoteesi( $H_0$ ) on muotoa: aikasarja sisältää yksikköjuuren. Vastaavasti vastahypoteesi ( $H_1$ ) on muotoa: aikasarja on stationaarinen.

Yksikköjuuritestin sisällytettävien viiveiden määrän voi valita monella tapaa. Eviews-ohjelmisto valitsee optimaalisen viiveiden määrän Schwartzin informaatiokriteeriin (SIC) perustuen, kun taas Gretl-ohjelmisto laskee optimaalisen viiveiden määrän aloittamalla 10 viiveestä<sup>9</sup> alaspäin testaamalla. Testaus tapahtuu estimoimalla malli viiveiden enimmäismäärän kera ja tutkimalla viimeisen viiveen tilastollista merkitsevyyttä. Jos viimeisin viive on tilastollisesti merkitsevä 10% -tasolla sisällytetään se malliin. Jos ei, vähennetään viiveiden määrää yhdellä kunnes ollaan tilanteessa missä viiveitä ei lasketa malliin mukaan laisinkaan. Tällöin kyseessä on Dickey-Fuller testi, mikä on muotoa

$$(4) \quad DY_t = \mu + \alpha Y_{t-1} + v_t$$

<sup>9</sup> Poikkeuksena muuttuja EMP Islannin kohdalla, jonka max viivemäärä on 4, johtuen pienestä otoksesta

missä  $t = 1960, \dots, 2010$ ,  $\mu$ :hyn sisältyy joko vakio, vakio ja trendi, vakio, trendi ja trendin neliö tai ei mitään ja  $v_t$  mallin residuaali.

Epästationaarinen aikasarja joka voidaan muuntaa stationaariseksi kerran differoimalla, on integroitunut astetta 1 (merkitään  $x_t \sim I(1)$ ). Jos aikasarja on stationaarinen logaritmisessä muodossaan, on se integroitunut astetta 0,  $x_t \sim I(0)$ .

Taulukoissa 6-10 on esitelty maakohtaisten yksikköjuuritestauksen tulokset. Kaikkiin tasomuuttujien yksikköjuuritestauksiin on sisällytetty joko vakio (merkitty \*:llä) tai vakio ja trendi, differenssimuuttujat on testattu ilman vakiota ja trendiä. Nämä valinnat vakion ja trendin sisältämisestä testiin perustuu logaritmimuuttujien ja 1. differenssien kuvaajiin kohdassa 4.1.1. Ensiksi kaikki muuttujat testattiin vakion ja trendin kanssa. Neljä muuttujaa viittasivat olevan jotain muuta integroituneisuuden astetta kuin 1. Nämä olivat EMP muuttuja Ruotsin, Norjan tai Islannin kohdalla, sekä RE Ruotsin kohdalla. Näiden muuttujien kohdalla seuraavaksi tarkasteltiin kuvaajia ja näihin perustuen uusiin testeihin sisällytettiin pelkkä vakio. Taulukoihin ei ole sisällytetty alkuperäisiä tuloksia näiden neljän muuttujan kohdalla, mutta ne kaikki viittasivat integroituneisuuteen astetta 0. Joka tapauksessa maksimi integroituneisuuden ( $d_{\max}$ ) aste on 1.

**Taulukko 6. Yksikköjuurien testaus Suomen osalta. Sisältää vakion ja trendin**

	t-testisuure	P-arvo	Viiveet
LRE	-2,156	0,514	5
DLRE	-9,140	<0,000	0
LY	-2,208	0,485	2
DLY	-3,261	0,002	0
LCAP	-1,828	0,691	2
DLCAP	-3,731	0,0004	0
LE	-3,029	0,124	0
DLE	-6,070	<0,000	0
LEMP	-2,345	0,409	9
DLEMP	-3,903	0,0003	1



**Taulukko 7. Yksikköjuurien testaus Ruotsin osalta. Sisältää vakion ja trendin. \*sis. Pelkkä vakio**

	t-testisuure	P-arvo	Viiveet
LRE*	-2,106	0,243	6
DLRE	-9,181	<0,000	0
LY	-2,001	0,6004	10
DLY	-2,861	0,005	0
LCAP	-1,932	0,637	5
DLCAP	-4,321	0,0001	0
LE	-2,931	0,153	10
DLE	-7,045	<0,000	0
LEMP*	-1,504	0,532	3
DLEMP	-4,68	<0,000	1

**Taulukko 8. Yksikköjuurientestaus Islannin osalta. Sisältää vakion ja trendin. \*sis. pelkän trendin**

	t-testisuure	P-arvo	Viiveet
LRE	-2,07	0,562	1
DLRE	-3,614	<0,000	0
LY	-2,741	0,22	1
DLY	-2,665	0,009	0
LCAP	-1,702	0,751	5
DLCAP	-4,421	<0,000	0
LE	-2,442	0,358	9
DLE	-9,017	<0,000	0
LEMP*	-0,951	0,7483	0
DLEMP	-2,614	0,012	0

**Taulukko 9. Yksikköjuurien testaus Tanskan osalta. Sisältää vakion ja trendin. \*sis. pelkän trendin**

	t-testisuure	P-arvo	Viiveet
LRE	-2,647	0,259	3
DLRE	-1,923	0,052	0
LY	-2,083	0,542	0
DLY	-3,748	<0,000	0
LCAP	-3,012	0,128	1
DLCAP	-3,919	<0,000	0
LE	-3,066	0,115	4
DLE	-7,866	<0,000	0
LEMP	-1,382	0,852	0
DLEMP	-4,801	<0,000	0

**Taulukko 10. Yksikköjuurien testaus Norjan osalta.**

	t-testisuure	P-arvo	Viiveet
LRE	-2,454	0,351	6
DLRE	-8,316	<0,000	0
LY	-0,178	0,994	1
DLY	-2,093	0,036	0
LCAP	-2,134	0,514	1
DLCAP	-3,225	0,002	0
LE	-2,719	0,228	2
DLE	-8,695	<0,000	0
LEMP*	-1,154	0,696	5
DLEMP	-2,233	0,025	3

#### 4.2.1.2 VAR-mallit

VAR-malli eli vektori autoregressiomalli voidaan ilmaista matriiseina seuraavasti

$$(5) \quad y_t = \beta + \delta_1 y_{t-1} + \delta_2 y_{t-2} + \dots + \delta_p y_{t-p} + v_t$$

missä  $y_t$  on endogeenisten muuttujien (nx1)-vektori,  $\beta$  on vakioista muodostuva (nx1)-vektori,  $\delta_i$  ovat (nxn) muotoisia vektoreita, jotka sisältävät kunkin viiveen kertoimen, sekä  $y_{t-i}$  selittävät muuttujat sisältävät (nx1)-matriisit, sekä  $v_t$  on virhetermien muodostama (nx1)-matriisi (Hamilton 1994, 291-293) (Stock ja Watson 2012, 674). Johansenin ML-testauksen yhteydessä käytetään samankaltaista matriisi esitysmuotoa.

Toda-Yamamoto -metelmässä käytetään logaritmisia sarjamuuttujia (Toda ja Yamamoto 1995). Muodostetaan funktioiden 1 ja 2 asetelmien mukaiset VAR-mallit.

$$(6) \quad \begin{bmatrix} LY_{it} \\ LRE_{it} \\ LEMP_{it} \\ LCAP_{it} \end{bmatrix} = \beta + \delta_1 \begin{bmatrix} LY_{it-1} \\ LRE_{it-1} \\ LEMP_{it-1} \\ LCAP_{it-1} \end{bmatrix} + \dots + \delta_p \begin{bmatrix} LY_{it-p} \\ LRE_{it-p} \\ LEMP_{it-p} \\ LCAP_{it-p} \end{bmatrix} + v_t$$

$$(7) \quad \begin{bmatrix} LE_{it} \\ LRE_{it} \\ LY_{it} \end{bmatrix} = \beta + \delta_1 \begin{bmatrix} LE_{it-1} \\ LRE_{it-1} \\ LY_{it-1} \end{bmatrix} + \dots + \delta_p \begin{bmatrix} LE_{it-p} \\ LRE_{it-p} \\ LY_{it-p} \end{bmatrix} + u_t$$

Oikean viiverakenteen havaitseminen on tärkeää, varsinkin jos mallissa on useita muuttujia (Dolado ja Lütkepohl 1996). Mikäli muuttujia on vain kaksi, ei lisäviiveen sisällyttäminen malliin aiheuta virhettä

tulkintaan, mikäli oikein spesifioitu viivemäärä on enemmän kuin 3. Tilanne on kuitenkin päinvastainen useamman muuttujan tilanteessa. Tässä tutkielmassa mallien viiveet valitaan Akaiken, Schwartzin sekä Bayesian informaatiokriteereihin perustuen. Informaatiokriteereiden arvot löytyvät liitteestä 3 taulukosta 3.1. Mallien viiverakenteet ovat yhden ja kuuden viiveen väliltä. Tässä vaiheessa tulee tarkastella myös havaitun VAR-mallin virhetermin autokorreloituneisuutta. Mikäli autokorreloituneisuutta havaitaan, on viiverakenne valittu väärin. Autokorreloituneisuuden testauksessa on käytetty Breusch-Godfrey:n LM testiä. Tässä testissä tarkastellaan VAR-mallin virhetermin viiveen tilastollista merkitsevyyttä kun se on lisätty malliin. Testauksessa on käytetty 12 viivettä. Testitulosteet ovat esitelty liitteessä 4. Pääasiallisesti testauksen tulokset viittasivat siihen, että autokorreloituneisuutta ei ole. Kuitenkin muutama yksittäinen viive viittasi autokorrelaation olemassaoloon taulukoissa 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.8, 4.9 ja 4.10.

Optimaalisen viiverakenteen valinnan jälkeen muodostetaan uusi VAR-malli mihin on lisätty lisäviiveitä. Lisäviive määräytyy suurimman integraation asteen( $d_{\max}$ ) mukaan (Toda ja Yamamoto 1995). Stationaarisuutta tutkittaessa huomattiin että kaikki muuttujat olivat integroituneet enintään astetta 1. Näin ollen jokaiseen malliin lisätään yksi lisäviive. Muodostettavat yhtälöt jokaisen maan kohdalla ovat seuraavat:

$$(8) \quad LY_t = \beta_{1t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{11i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{12j} LY_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{13i} LRE_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{14j} LRE_{t-j} + \\ \sum_{i=1}^p \alpha_{15i} LEMP_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{16j} LEMP_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{17i} LCAP_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{18j} LCAP_{t-j} + \varepsilon_{1t}$$

$$(9) \quad LRE_t = \beta_{2t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{21i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{22j} LY_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{23i} LRE_{t-i} + \\ \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{24j} LRE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{25i} LEMP_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{26j} LEMP_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{27i} LCAP_{t-i} + \\ \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{28j} LCAP_{t-j} + \varepsilon_{2t}$$

$$(10) \quad LEMP_t = \beta_{3t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{31i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{32j} LY_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{33i} LRE_{t-i} + \\ \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{34j} LRE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{35i} LEMP_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{36j} LEMP_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{37i} LCAP_{t-i} + \\ \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \alpha_{38j} LCAP_{t-j} + \varepsilon_{3t}$$

$$\begin{aligned}
(11) \quad LCAP_t = & \beta_{4t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{41i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{42j} LY_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{43i} LRE_{t-i} + \\
& \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{44j} LRE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{45i} LEMP_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{46j} LEMP_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{47i} LCAP_{t-i} + \\
& \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{48j} LCAP_{t-j} + \varepsilon_{4t}
\end{aligned}$$

Sekä

$$\begin{aligned}
(12) \quad LE_t = & \beta_{5t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{51i} LE_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{52j} LE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{53i} LRE_{t-i} + \\
& \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{54j} LRE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{55i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{56j} LY_{t-j} + \varepsilon_{5t}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(13) \quad LRE_t = & \beta_{6t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{61i} LE_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{62j} LE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{63i} LRE_{t-i} + \\
& \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{64j} LRE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{65i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{66j} LY_{t-j} + \varepsilon_{6t}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(14) \quad LY_t = & \beta_{5t} + \sum_{i=1}^p \alpha_{71i} LE_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{72j} LE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{73i} LRE_{t-i} + \\
& \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{74j} LRE_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_{75i} LY_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \alpha_{76j} LY_{t-j} + \varepsilon_{5t}
\end{aligned}$$

Missä  $t$  viittaa ajanjaksoon,  $i$  ja  $j$  viivemääriin, sekä  $d_{max}$  ylimääräiseen viiveeseen, mikä stationaarisuustestauksen mukaisesti on jokaisen mallin kohdalla yksi. Huomion arvoista on, että yhtälöissä 8 ja 14 molemmissa selitettävä muuttuja on  $LY$ . Kaikki yhtälöiden 8-14 mukaiset 35 VAR-mallia löytyvät liitteestä 5.

#### 4.2.1.3 Granger-kausaalisuus

Granger-kausaalisuuden toteaminen tapahtuu Waldin rajoitetestauksen<sup>10</sup> avulla (Dolado ja Lütkepohl 1996). Vaikka VAR-mallissa tulee olla  $p+d_{\max}$  viivettä, Wald-testi tarkastelee ainoastaan kunkin muuttujan osalta  $p$  määrää viiveitä. Vaikka ylimääräinen viive  $d_{\max}$  on sisällytetty malliin, sitä ei tule ottaa huomioon testauksessa vaan se sisällytetään malliin ns. eksogeenisenä muuttujana<sup>11</sup>. Waldin testauksessa testataan siis 0-hypoteesia  $\sum_{i=1}^p \alpha_i = 0$ , eli tarkasteltavan muuttujan viiveiden kertoimien summa on 0, millä viitataan Granger ei-kausaalisuuteen. Mikäli hypoteesi ei-kausaalisuudesta voidaan hylätä  $\chi^2$ -arvon avulla (testiarvon jakauma on  $\chi^2$  jakauman mukainen, vapausasteilla  $p$ ), on Granger-kausaalisuutta havaittavissa. Seuraavissa taulukoissa 11-15 on esiteltynä  $\chi^2$ -arvot.  $H_0$  hylkäämisen tasot on merkitty \*10%-, \*\*5%- ja \*\*\*1%-tasoilla. Lisäksi niiden muuttujien kohdalla, joissa Granger-kausaalisuutta havaitaan (eli  $H_0$  voidaan hylätä), on ilmoitettu VAR-mallien viiveiden kertoimien summa. Testattujen kertoimien summalla ei ole muuta informatiivista arvoa kuin kausaalisuuden suunnan osoittaminen, eli onko Granger-kausaalisuus negatiivista vai positiivista.<sup>12</sup> Yhtälöiden 13 ja 14 osalta on jätetty ilmoittamatta Y:n ja RE:n välinen  $\chi^2$ -arvo, sillä se on jo havaittu yhtälöistä 8 ja 9. Tuloksia RE:n ja Y:n välillä sekä RE:n ja E:n välillä on analysoitu kohdassa 4.3.

Mielenkiintoista taulukoiden 11-15 tuloksissa on vähäinen Granger-vaikutuksen näkyminen E:n ja Y:n välillä: ainoastaan Norjan kohdalla havaitaan negatiivinen yhdensuuntainen vaikutus E:stä Y:hyn. Tämä viittaa siihen, että päästöjen kasvaessa talous heikkenee. RE:n ja kontrollimuuttujien välillä on havaittavissa useampia ennustettavuussuhteita. EMP:n ja RE:n välillä vallitsee kahdensuuntainen Granger-kausaalisuus Tanskan ja Norjan kohdalla, vastaavasti CAP:n ja RE:n välillä kahdensuuntaista Granger-kausaalisuutta havaittavissa on Islannin kohdalla. Muutoin CAP:n ja RE:n väliset ennustettavuuden ovat yhdensuuntaisia RE:stä CAP:iin (Suomi, Ruotsi) tai CAP:sta RE:hen (Norja).

---

<sup>10</sup> EvIEWS-ohjelmassa tämä kyseinen Waldin testaus kulkee nimellä Block/Exogeneity-Wald test

<sup>11</sup> Eksogeenisyydellä tässä kohdassa viitataan EvIEWS 7 ohjelmiston määritelmään

<sup>12</sup> Vastaavia summia ja kausaalisuuden suuntia on esitetty Paynen (2012) sekä Menyahin ja Wolde-Rufaelin (2010) tutkimuksissa

**Taulukko 11. Granger-kausalisuus Suomen osalta. Waldin testauksen  $\chi^2$  -arvot ja tilastollinen todennäköisyys**

	selitettävä muuttuja									
selittävät muuttujat										
	LY	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LRE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LEMP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LCAP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$
LY			0,23		<b>9,96***</b>	<b>-0,14</b>	<b>5,78**</b>	<b>1,55</b>	0,85	
LRE	<b>6,49**</b>	<b>-0,13</b>			2,83		<b>8,00***</b>	<b>-0,70</b>	4,33	
LEMP	0,18		0,70				2,26			
LCAP	2,45		0,14		3,11					
LE	2,52		<b>6,31**</b>	<b>0,48</b>						

**Taulukko 12. Granger-kausalisuus Ruotsin osalta. Waldin testauksen  $\chi^2$  -arvot ja tilastollinen todennäköisyys**

	selitettävä muuttuja									
selittävät muuttujat										
	LY	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LRE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LEMP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LCAP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$
LY			<b>25,58***</b>	<b>2,31</b>	<b>12,49*</b>	<b>-0,06</b>	<b>53,96***</b>	<b>4,31</b>	0,16	
LRE	7,22				7,96		<b>52,96***</b>	<b>2,58</b>	0,20	
LEMP	<b>21,50***</b>	<b>0,76</b>	3,70				<b>38,37***</b>	<b>1,40</b>		
LCAP	<b>29,02***</b>	<b>-0,10</b>	8,10		<b>18,99***</b>	<b>-0,13</b>				
LE	1,55		1,30							

**Taulukko 13. Granger-kausalisuus Islannin osalta. Waldin testauksen  $\chi^2$  -arvot ja tilastollinen todennäköisyys**

	selitettävä muuttuja									
selittävät muuttujat										
	LY	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LRE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LEMP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LCAP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$
LY			<b>26,32***</b>	<b>4,38</b>	2,8		<b>5,05*</b>	<b>10,89</b>	0,79	
LRE	1,44				2,74		<b>5,49*</b>	<b>-1,94</b>	0,18	
LEMP	0,16		0,32				2,12			
LCAP	0,61		<b>5,74*</b>	<b>-0,31</b>	0,13					
LE	0,04		<b>3,03*</b>	<b>-0,35</b>						

**Taulukko 14. Granger-kausaalisuus Tanskan osalta. Waldin testauksen  $\chi^2$  -arvot ja tilastollinen todennäköisyys**

	selitettävä muuttuja									
selittävät muuttujat										
	LY	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LRE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LEMP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LCAP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$
LY			22,36***	3,54	35,97***	0,33	11,42*	4,20	0,51	
LRE	6,52				11,88*	-0,04	4,16		1,78	
LEMP	2,99		19,44***	-7,20			8,86			
LCAP	12,34*	-0,22	9,88		21,29***	0,14				
LE	1,21		3,51*	0,50						

**Taulukko 15. Granger-kausaalisuus Norjan osalta. Waldin testauksen  $\chi^2$  -arvot ja tilastollinen todennäköisyys**

	selitettävä muuttuja									
selittävät muuttujat										
	LY	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LRE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LEMP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LCAP	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$	LE	$\sum_{i=1}^p \alpha_i$
LY			24,36***	6,60	21,26***	-0,18	6,55		2,93	
LRE	13,02**	0,23			16,95***	-0,08	4,11		0,19	
LEMP	28,57***	-0,41	37,32***	11,11			8,05			
LCAP	11,02*	-0,08	29,27***	0,25	4,02					
LE	5,94*	-0,06	0,53							

#### 4.2.2 Johansenin yhteisintegraatiotestaus

Granger-kausalisuuden testauksen tueksi yhteisintegraation olemassaoloa testataan Johansenin Maximum Likelihood (ML, suurimman todennäköisyyden) testillä. Mikäli yhteisintegraatiovektori havaitaan, tulisi joitain kausaalisuussuhteita olla havaittavissa. Kuitenkaan jos muuttujat eivät ole yhteisintegroineet keskenään, se ei poissulje Granger-kausalisuuden mahdollista havaitsemista. (Giles 2013)

Pitkän aikavälin tasapainomalli on staattinen malli, joka perustuu yhteisintegraatioregression muodostukseen. Yhteisintegraatioregressiosta saaduilla residuaaleilla rajoitetaan lyhyen aikavälin dynaamista mallia (virheenkorjausmalli), mikä olisi vaihtoehtoinen tapa Toda-Yamamoto mallille havaita muuttujien välisiä Granger-kausalisuussuhteita. Staattinen malli viittaa malliin, missä ajanhetken  $t$  arvoa selitetään muilla saman ajanhetken  $t$  arvoilla. Dynaamisessa mallissa selitetään ajanhetken  $t$  arvoa toisen muuttujan saman hetken sekä menneillä arvoilla (Stock ja Watson 2012, 630).

Yhteisintegraatio viittaa ilmiöön, jossa useampi muuttuja jakaa saman stokastisen trendin. Kuvioiden perusteella vaikutti siltä, että ne muuttujat joilla trendi oli havaittavissa, trendit olivat deterministisiä ja lineaarisia. Tästä syystä tulee yhteisintegraatioregressioon sisällyttää vakio- ja trendikomponentit. Näin eliminoidaan deterministisistä trendeistä syntyviä häiriöitä stokastisen trendin havaitsemiseksi. Jos yhteisintegroituneisuutta havaitaan, logaritmistien muuttujien kertoimien tulkinnat mahdollistavat joustotulkinnat muutoksille.

Testauksen oletuksena on, että kaikki testattavat sarjat ovat tasomuuttujana epästationaarisia  $I(1)$  prosesseja. Tämän todettiin pitävän paikkansa kohdassa 4.2.1.1. Johansenin yhteisintegraatiotestaus perustuu vektori autoregressio (VAR) -malliin ja yhteisintegraatiovektoreiden määrä voidaan havaita kahdella testillä: trace-testin ja ominaisarvotestien avulla. Tässä osiossa tarkastellaan molempien testien tuloksia, sillä tulokset voivat olla toisistaan poikkeavia. Testauksessa tarkastellaan kuinka monta yhteisintegraatiorelaatiota muuttujien väliltä on löydettävissä. Jos yhteisintegraatiovektoreita havaitaan, voitaisiin VECM malli rakentaa lyhyelle aikavälille. Tässä tutkielmassa näin pitkälle ei mennä, sillä Granger-kausaalisuustulokset ovat saatu Toda-Yamamoto –mentelemällä. (Johansen ja Julius 1990)

Testauksen yleinen prosessi on seuraavan mukainen ja se on esitetty matriiseina (Johansen ja Juselius 1990, Hamilton 1994, 579, 291-294). Aloitetaan muodostamalla  $VAR(p)$ -matriisimalli, missä  $p$  on viiveiden määrä,  $y_t$  sisältää tutkittavat  $I(1)$  muotoiset endogeeniset muuttujat  $(n \times 1)$ - matriisina,  $y_{t-i}$  sisältää selittävät muuttujat  $(n \times 1)$  matriiseina viiveittäin,  $A_i$  on  $(n \times n)$ -matriisi, joka sisältää muuttujien kertoimet,  $D_t$ -matriisi  $(n \times 1)$  sisältää trendidummin,  $\mu$ -matriisi  $(n \times 1)$  vakiot sekä  $\varepsilon_t$ -matriisi  $(n \times 1)$  residuaalit.

$$(15) \quad y_t = \mu + \phi D_t + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Muutetaan malli muotoon,

$$(16) \quad y_t = \Pi_1 y_{t-1} + \dots + \Pi_p y_{t-p} + \mu + \phi D_t + \varepsilon_t$$

missä  $\Pi = (\sum_{i=1}^p A_i) - I$  ja  $I$  on identiteettimatriisi  $(n \times n)$ .

Kirjoitetaan kaava differenssimuotoon käyttäen  $\Delta$  kuvaamaan ensimmäistä differenssiä  $(y_t - y_{t-1})$ , jolloin

$$(17) \quad \Delta y_t = \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \Pi y_{t-1} + \mu + \phi D_t + \varepsilon_t$$



Missä,  $\Gamma_i = -(A_{i+1} + \dots + A_p)$  ja  $\Pi = -(I - A_1 - \dots - A_p)$

$\Gamma_i$ -matriisi mittaa lyhyen aikavälin muutosta, mutta Johansenin Trace- ja ominaisarvotestit keskittyvät tutkimaan  $\Pi$ -matriisia (Lütkepohl ja Krätzig 2004). Termi  $\Pi$  voidaan kirjoittaa myös muotoon  $\alpha\beta'$  (viittaa matriisin transpoosiin).  $\alpha$  ja  $\beta$  ovat molemmat  $(n \times r)$ -matriiseja. Matriisi  $\alpha$  sisältää sopeutumiskertoimet eli virheenkorjaustermit ja matriisi  $\beta$  sisältää yhteisintegraatiovektorin. Lisäksi  $\beta'y_t$  on oltava stationaarinen  $I(0)$ -prosessi. Testit ovat muotoa

$$(18) \quad \lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \log(1 - \lambda_i)$$

ja

$$(19) \quad \lambda_{max}(r, r+1) = -T * \log(1 - \lambda_i)$$

missä  $T$  viittaa havaintojen määrään ja  $\lambda_i$  on laskettu ominaisarvo. Trace-testillä (testi viittaa  $\lambda_{trace}$ -arvoon) testattava hypoteesi on muotoa  $H_0$ : enintään  $r$  kpl yhteisintegraatiovektoreita. Vastaavasti vastahypoteesin mukaan yhteisintegraatiovektoreita on enemmän kuin  $r$  kappaletta. Ominaisarvotestin ( $\lambda_{max}$ -arvoon viittaava testi) hypoteesit ovat seuraavat:  $H_0$ =  $r$  kpl yhteisintegraatiovektoreita,  $H_1$ =  $r+1$  kpl yhteisintegraatiovektoreita. Hypoteesi hylätään mikäli  $\lambda_{max}$  tai  $\lambda_{trace}$  arvot ovat suuremmat kuin MacKinnonin, Haugin ja Michelisin (1999) mukaiset hylkäysarvot 1%, 5 % tai 10% -tasolla. (Johansen ja Juselius 1990)

Johansenin testaus on herkkä valitulle viiveen määrälle. Tässä tutkielmassa on käytetty differenssimuotoisille VAR-malleille määriteltäviä optimaalisia viiveitä, mitkä käyvät ilmi liitteen 3 taulukosta 3.2. Kuhunkin staattiseen malliin on sisällytetty vakio ja trendi. Johansenin testauksen avulla toteutetut yhteisintegraatioregressiot eroavat Engle-Granger menetelmällä saaduista yhteisintegraatioregressioista. Yhteisintegraation toteaminen Engle-Granger testissä perustuu virhetermin stationaarisuuden tutkimiseen. Vastaavasti Johansenin ML-testin avulla muodostetun regression virhetermissä sallitaan yksikköjuuri, kunhan matriisi  $\alpha*y_t$  on stationaarinen  $I(0)$ -prosessi ( $\alpha$  on virheenkorjaustermi). Johansenin ML-testauksen avulla mallinnetut yhteisintegraatioregressiot ovat seuraavat, mikäli yksi yhteisintegraatioregressio on olemassa:

$$(20) \quad LY_t = a_0 + a_1T + a_2LRE_t + a_3LEMP_t + a_4LCAP_t + \varepsilon_t$$

$$(21) \quad LRE_t = b_0 + b_1T + b_2LRE_t + b_3LY_t + \vartheta_t$$

Malleissa  $t$  viittaa ajanjaksoon,  $T$  trendin sisällyttämiseen malliin, sekä  $\varepsilon$  ja  $\vartheta$  ovat mallien residuaaleja. Mallit tehdään jokaiselle maalle erikseen. Johansenin yhteisintegraatioregressioon sisällytetään rajoittamaton vakio sekä rajoitettu trendi. Tästä syystä Eviews 7 ei ilmoita mallien vakioita.

Yhtälön 20 mukaisessa mallissa testataan neljän muuttujan ( $m=4$ ) välistä yhteisintegraatiota  $LY$ ,  $LRE$ ,  $LEMP$  ja  $LCAP$ . Yhteisintegraatiovektoreita voidaan havaita enintään  $m-1=3$  kappaletta. Hypoteesien hylkäys tapahtuu mikäli  $\lambda_{\text{trace}}$  ja  $\lambda_{\text{max}}$  -arvot ovat suurempia kuin 1%, 5%- tai 10%-tasojen hylkäysarvot. Vastaavasti 0-hypoteesi hyväksytään mikäli testi-arvot jäävät hylkäysarvoja pienemmiksi. Tämän mallin osalta Johansenin ML testien tulokset on esiteltynä taulukossa 16. Suomen, Ruotsin ja Islannin osalta molemmat testit viittaavat yhteen yhteisintegraatiovektoriin. Tanskan osalta trace-testi viittaa 3 yhteisintegraatiovektoriin, mikä on vektorien suurin mahdollinen määrä. Kuitenkin ominaisarvotesti viittaa ainoastaan yhden vektorin olemassa oloon. Norjan osalta taas trace-testi viittaa kahteen vektoriin, kun taas ominaisarvotesti vektorien puutteeseen.

Taulukossa 17 on esiteltynä Johansenin ML menetelmällä saatujen yhteisintegraatioregressioiden tulokset. Norjan kohdalla havaittiin kaksi yhteisintegraatiovektoria, mistä syystä pitkän aikavälin tasapainomallit ovat muotoa:

$$(22) \quad LY_t = a_0 + a_1T + a_3LEMP_t + a_4LCAP_t + \varepsilon_t \text{ ja}$$

$$(23) \quad LRE_t = a_0 + a_1T + a_3LEMP_t + a_4LCAP_t + \varepsilon_t$$

Näiden regressioiden havainnollistamisella ei ole merkitystä tämän tutkielman kannalta, sillä ne eivät kerro mitään  $LRE$ :n ja  $Y$ :n välisestä suhteesta. Silti taulukossa 26 on esiteltynä kaikki yhteisintegraatioregressiot, mikäli yhteisintegraatiovektoreita havaittiin.

Pitkän aikavälin tasapainoregressioiden avulla voidaan tehdä joustotulkinnat kullekin muuttujalle. Uusiutuvan sähkön tuotannon kasvu näyttää vaikuttavan negatiivisesti talouskasvuun Suomessa, Islannissa ja Tanskassa. 1% lisäys uusiutuvassa sähkössä heikentää talouskasvua 0,9% (Suomi), 0,2% (Islanti) tai 0,1% (Tanska). Positiivisesti se vaikuttaa ainoastaan Ruotsissa, tosin tämä relaatio ei ole tilastollisesti merkitsevä.

**Taulukko 16. Trace-testiarvot ( $\lambda_{\text{trace}}$ ) ja ominaistestiarvot ( $\lambda_{\text{max}}$ ) sekä niiden hylkäystasot \*\* 5%- tasolla , \*10%-tasolla**

H0	H1	Malli	viiveet	Maa	Ominaisarvo	$\lambda_{\text{max}}$	$\lambda_{\text{trace}}$	Jää voimaan
$r=0$	$r>0$	LY	2	Suomi	0,496		52,21**	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,378		29,8	H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r=1$	LY	2	Suomi	0,496	26,05*		H0 hylätään
$r=1$	$r=2$				0,378	18,02		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r>0$	LY	1	Tanska	0,57		65,99***	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,312		32,21**	H0 hylätään
$r\leq 2$	$r>2$				0,291		17,26**	H0 hylätään $\rightarrow r>2$
$r=0$	$r=1$	LY	1	Tanska	0,57	33,78***		H0 hylätään
$r=1$	$r=2$				0,312	14,95		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r>0$	LY	1	Islanti	0,897		33,78***	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,591		14,95	H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r=1$	LY	1	Islanti	0,897	40,86***		H0 hylätään
$r=1$	$r=2$				0,591	16,11		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r>0$	LY	2	Norja	0,426		51,04**	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,4		31,07**	H0 hylätään
$r\leq 2$	$r>2$				0,234		12,66	H0 hyväksytään $\rightarrow r=2$
$r=0$	$r=1$	LY	2	Norja	0,426	19,97		H0 hyväksytään $\rightarrow r=0$
$r=0$	$r>0$	LY	2	Ruotsi	0,498		52,14**	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,38		25,29	H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r=1$	LY	2	Ruotsi	0,498	26,86*		H0 hylätään
$r=1$	$r=2$				0,38	18,63		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$

**Taulukko 17. Johansenin mukaiset yhteisintegraatioregressiot (LY, LRE, LEMP, LCAP), suluissa t-testiarvot, \*,\*\* ja \*\*\* viittaa 10%, 5% ja 1% tilastollisiin todennäköisyyksiin. Vakion ja trendin kertoimen tuloksia ei ole ilmoitettu tulosten selkeyttämiseksi**

Maa	Selitettävä muuttuja	Selittävä muuttuja		
		LRE	LEMP	LCAP
Suomi	LY	-0,94	-2,11	0,001
		(-10,49)***	(-6,78)***	(0,03)
Norja	LY		-3,80	-0,03
			(-5,44)***	(-0,27)
Norja	LRE		-4,49	0,57
			(-4,24)***	(3,13)***
Islanti	LY	-0,20	-0,74	-0,15
		(-7,85)***	(-6,42)***	(-21,07)***
Ruotsi	LY	0,16	0,65	-0,49
		(0,67)	(1,11)	(-9,47)***
Tanska	LY	-0,07	-7,37	0,34
		(-2,32)*	(-6,09)***	(2,81)*

Kun päästöjen, talouskasvun sekä uusiutuvan sähkön välistä yhteisintegroituneisuutta tarkastellaan (taulukko 18) huomataan, että tulokset ovat maakohtaisia sekä ominaisarvotestien sekä trace-testien tulokset ovat toisistaan poikkeavia. Suomen ja Norjan osalta tulokset viittaavat yhteen tai kahteen yhteisintegraatiovektoriin. Islannin ja Tanskan kohdalla tulokset viittaavat sekä yhteen vektoriin että vektoreiden puutteeseen. Ainoastaan Ruotsin kohdalla molemmat testit viittaavat selkeästi yhteen integraatiovektoriin.

Jokaisen maan kohdalla siis ainakin toinen testeistä viittaa yhteen yhteisintegraatiovektoriin. Näiden vektoreiden mukaiset yhteisintegraatioregressiot, jotka on esitetty yhtälön 21 mukaisesti, löytyvät taulukosta 19. Islannin, Norjan ja Tanskan kohdalla uusiutuvan sähkön tuotannon kasvaessa prosentin päästöt laskevat vastaavasti 0,46%, 3,81% ja 0,66%. Suomen ja Ruotsin kohdalla tilanne on päinvastainen: Ruotsissa prosentin uusiutuvan sähkön tuotanto kasvattaa päästöjä 2,38% ja Suomessa 0,13%. Tätä tilannetta voidaan verrata kohdassa 2.3 tehtyyn olettamukseen siitä, että Suomi ja Ruotsi molemmat ovat keskittyneet biopolttoaineiden käyttöön uusiutuvan sähkön tuotannossa, mikä ei laske päästöjä, vaikka menetelmien lasketaankin olevan päästöneutraaleja. Kuitenkaan Suomen kohdalla kertoimen vaikutus ei ole tilastollisesti todennäköistä. Talouskasvun joustovaikutus päästöihin on positiivista ja tilastollisesti merkitsevä Norjan ja Tanskan kohdalla: jokaista prosentin kasvua vastaan taloudessa, päästöt kasvavat 1,9% ja 7,1%.

**Taulukko 18. Johansenin yhteisintegraatiotestaus muuttujille LE, LRE ja LY maittain.**

H0	H1	Malli	viiveet	Maa	Ominaisarvo	$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\text{trace}}$	Jää voimaan
$r=0$	$r>0$	LE	1	Suomi	0,4		40,201***	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,236		15,72**	H0 hylätään
$r\leq 2$	$r>2$				0,056		2,77	H0 hyväksytään $\rightarrow r=2$
$r=0$	$r\geq 1$	LE	1	Suomi	0,4	24,49**		H0 hylätään
$r\leq 1$	$r=2$				0,236	12,95		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r>0$	LE	1	Islanti	0,322		27,48*	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,117		8,84	H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r=1$	LE	1	Islanti	0,322	18,64		H0 hyväksytään $\rightarrow r=0$
$r=0$	$r>0$	LE	1	Norja	0,373		39,813*	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,203		14,951*	H0 hylätään
$r\leq 2$	$r>2$				0,678		3,37*	H0 hylätään $\rightarrow r=2$
$r=0$	$r=1$	LE	1	Norja	0,373	22,43**		H0 hylätään
$r\leq 1$	$r=2$				0,203	10,88		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r>0$	LE	1	Tanska	0,32		30,06**	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$				0,195		11,53	H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r=1$	LE	1	Tanska	0,32	18,526		H0 hyväksytään $\rightarrow r=0$
$r=0$	$r>0$	LE	1	Ruotsi	0,34		31,90**	H0 hylätään
$r\leq 1$	$r>1$	LE	1		0,209		11,996	H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$
$r=0$	$r=1$	LE	1	Ruotsi	0,34	19,94*		H0 hylätään
$r\leq 1$	$r=2$				0,209	11,27		H0 hyväksytään $\rightarrow r=1$

**Taulukko 19. Johansenin mukaiset yhteisintegraatioregressiot (LE, LRE, LY), suluissa t-testiarvot, \*,\*\* ja \*\*\* viittaa 10%, 5% ja 1% tilastollisiin todennäköisyyksiin. Vakion ja trendin kertoimen tuloksia ei ole ilmoitettu tulosten selkeyttämiseksi**

		Selittävä muuttuja	
Maa	Selitettävä muuttuja	LRE	LY
Islanti	LE	-0,46	0,54
		(-3,01)**	(2,03)
Norja	LE	-3,81	1,87
		(-5,51)***	(3,45)***
Tanska	LE	-0,66	7,14
		(-2,64)*	(3,71)***
Ruotsi	LE	2,38	-0,15
		(2,59)*	(-0,24)
Suomi	LE	0,13	-0,33
		(0,35)	(-1,08)

#### 4.2.3 Parittainen Granger-kausaalisuus

Parittaisen Granger-kausaalisuustestin avulla voidaan todeta sisältääkö jokin muuttuja informaatiota toisesta muuttujasta, eli onko ennustettavuutta havaittavissa (Granger 1969). Parittainen Granger-kausaalisuustesti perustuu VAR-malliin eli viiveiden tutkimiseen ja voidaanko yhden muuttujan viiveiden avulla ennustaa toisen muuttujan käyttäytymistä lyhyellä aikavälillä. Testissä testattavat hypoteesit ovat muotoa

$H_0$ : muuttujalla ei ole ennustusvaikutusta toiseen muuttujaan

$H_a$ : muuttujan avulla voidaan ennustaa toisen muuttujan käyttäytymistä.

Malli on muotoa

$$(24) \quad X_t = \sum_{j=1}^m a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j Y_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$(25) \quad Y_t = \sum_{j=1}^m c_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j X_{t-j} + \vartheta_t$$

, missä  $\varepsilon_t$  ja  $\vartheta_t$  ovat iid,  $t$  viittaa aikaperiodiin ja  $m$  on viive ( $m < t$ ).

Granger-kausaalisuustesti perustuu F-jakaumaan.  $H_0$  voidaan hylätä joko 10%-(\*), 5%-(\*\*), tai 1%(\*\*\*)-tasolla. Testit on suoritettu käyttäen yhtä viivettä muuttujan logaritmin 1.differenssiä käyttäen. Viivevalinta on tehty perustuen SIC, AIC ja HQC kriteereihin, jotka löytyvät liitteen 3 taulukosta 3.3. Testin avulla saamme informaation Granger-kausaalisuuden suunnasta, kun muiden muuttujien vaikutusta tarkasteltavaan muuttujaan ei ole otettu huomioon. Granger-(ei)kausaalisuuden hylkäysarvot löytyvät liitteestä 6.

Taulukkoon 20 on merkitty havaitut Granger-kausaalisuuden suunnat. Muuttujien välinen Granger-kausaalisuus on maakohtaista, eikä suhteista voida tehdä yleistyksiä. Eniten Granger-kausaalisuutta on Y:n, EMP:n ja CAP:n välillä, minkä voidaan olettaa perustuvan tuotantofunktioitulkintaan, missä tuotantopanosten (EMP ja CAP) lisääminen johtaa talouden kasvuun (Y).

Päästöjen ennustettavuusvaikutus uusiutuvaan sähköön on havaittavissa Islannin ja Suomen kohdalla. Vastaavasti uusiutuvan sähkön ennustusvaikutus päästöihin havaitaan ainoastaan Tanskan osalta. Islannissa työllisyyden ja uusiutuvan sähkön välillä on kahdensuuntaista kausaalisuutta. Suomessa uusituvalla sähköllä on ennustusvaikutusta CAP:n ja Y:n. Norjan ja Ruotsin kohdalla ei RE relaatioita ole havaittavissa lainkaan.

Norjan kohdalla havaitaan työllisyyden ennustusvaikutus päästöihin, sekä talouskasvun ja päästöjen välillä vaikuttaisi olevan kahdensuuntaista Granger-kausalisuutta. Lisäksi Suomen kohdalla päästötilastoilla näyttää olevan myös ennustettavuusvaikutusta pääomakantaan ja talouskasvuun.

**Taulukko 20. Granger-kausalisuuden suunnat maittain yhdellä viiveellä testattuna**

TO:	DLE	DLEMP	DLCAP	DLRE	DLY
FROM:					
DLE			FIN	ISL FIN	NOR FIN
DLEMP	NOR		ISL DNK	ISL	NOR SWE
DLCAP		ISL DNK			DNK SWE FIN
DLRE	DNK	ISL	FIN		FIN
DLY	NOR	NOR ISL DNK SWE FIN	FIN		

### 4.3 Tulosten yhteenveto ja vertailu aiempiin tutkimustuloksiin

Seuraavaan taulukkoon on koottu tämän tutkielman tärkeimmät tulokset. Taulukkoon on kerätty kahden erilaisen Granger-kausaalisuustestin tulokset sekä yhteisintegraation olemassaolo, mikäli sitä havaittiin. Lisäksi taulukkoon on merkattu ennustettavuusvaikutuksen suunta, eli viitataan positiivisen vain negatiivisen kehityksen ennustukseen. Taulukossa on ilmoitettu ainoastaan RE:n ja Y:n sekä RE:n ja E:n väliset relaatiot jotta johtopäätöksiä selkeys säilyy. Myös joitain ennustusvaikutuksia kontrollimuuttujien ja RE:n välillä havaittiin.

**Taulukko 21. Tulosten yhteenveto RE:n ja muiden muuttujien välisestä Granger-kausaalisuudesta sekä pitkän aikavälin tasapainosta**

	Granger-kausaalisuus (Toda-Yamamoto-menetelmällä)	Yhteisintegraatio havaitaan LY, LRE, LCAP, LEMP välillä	Yhteisintegraatio havaitaan LE, LRE, LY välillä	Parittainen Granger-kausaalisuus
Tanska	$Y \rightarrow RE (+)$ $E \rightarrow RE (+)$	kyllä	kyllä	$RE \rightarrow E$
Suomi	$RE \rightarrow Y (-)$ $E \rightarrow RE (+)$	kyllä	kyllä	$RE \rightarrow Y$ $E \rightarrow RE$
Islanti	$Y \rightarrow RE (+)$ $E \rightarrow RE (-)$	kyllä	kyllä	$E \rightarrow RE$
Norja	$RE \leftarrow Y (+)$	kyllä	kyllä	
Ruotsi	$Y \rightarrow RE (+)$	kyllä	kyllä	

Toda-Yamamoto menetelmällä testattuna talouskasvun ja uusiutuvan sähkön tuotannon välinen ennustettavuussuhde on havaittavissa jokaisen maan kohdalla. Vastaavasti parittaiset Granger-kausaalisuustestit viittasivat vastaavaan ennustettavuuteen ainoastaan Suomen kohdalla.

Suurin osa sivulla 26 tehdyistä oletuksista Granger-kausaalisuuden hypoteeseita piti paikkansa: Norjan kohdalla ennustettavuus mukailee palautehypoteesia ja Tanskan, Islannin ja Ruotsin kohdalla suojeluhypoteesin mukaista relaatiota. Poikkeuksena oli Suomi: odotus suojeluhypoteesista ei pitänyt paikkaansa, vaan Suomen kohdalla havaittu Granger-kausaalisuus kulkee uusiutuvan sähkön tuotannosta talouskehitykseen, ennustaen sen heikkenemistä mikäli RE kasvaa. Toisin sanoen testaus tukee kasvuhypoteesia myötäillen.

Kaksi aiempaa tutkimusta (Marques ja Fuinhas 2012b ja Vaona 2012) ovat päätyneet samankaltaiseen tulokseen kuin tässä tutkielmassa Suomen kohdalla. Kaikki kolme tulosta viittaavat siihen, että uusiutuvalla energialla (Vaonan tutkimuksessa RE2(sisältää vesivoiman, tuulivoiman sekä eläin- ja puuperäisen polttoaineen), Marquesin ja Fuinhasin tutkimuksessa uusiutuva energia, tässä tutkielmassa



uusiutuvien menetelmin tuotettu sähkö) on negatiivista ennustusvaikutusta talouskasvuun. Marques ja Fuinhas tulivat tähän päätelmään käyttäen korjatun keskivirheen menetelmää hyödyntäen paneeliaineistolla EU-maista, kun taas Vaona havaitsi suhteen Toda-Yamamoto prosessin avulla Italiaa tutkiessaan. Marquesin ja Fuinhasin epäilivät tuloksen viittaavan lähinnä uusiutuvien menetelmien hintaan, sillä uusiutuvat menetelmät ovat kalliimpia kuin fossiiliset menetelmät ja niille on jouduttu kehittämään monia erilaisia poliittisia mekanismeja, jotta niiden kilpailukyky energianlähteenä kasvaisi. Lisäksi heidän mukaan korkea uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta viittaa siihen, että kyseisessä maassa huoli ympäristöstä on tärkeää, talouskasvun jäädessä toissijaiseksi. Vastaavasti Vaona perustelee havaitsemaansa ennustettavuusvaikutusta menneisyyteen suuntautuvilla syillä. Suurimman osan havaintojaksosta 1861-2000 uusiutuva energia tuotettiin vesivoimalla, jota saatiin lähinnä suurista padoista. Kuitenkin padot eivät koskaan saavuttaneet yhteiskunnan hyväksyntää huonon suunnittelun takia: padot olivat usein pystytetty alueille, jotka olivat alttiita maanjäristyksille. Kuitenkin uusiutuvan energian tuotanto on hajautetumpaa tänä päivänä, minkä Vaona uskoo poistavan negatiivisen ennustettavuuden kun tarkastellaan lyhyempiä ajanjaksoja.

Tanskan, Islannin ja Ruotsin kohdalla havaittua ennustettavuusvaikutusta osittain tukevat Paynen (2012), Sadorskyn (2009a) ja Apergiksen ja Paynen (2011b) tutkimuksien tulokset. Paynen tutkimustulokset eivät suoranaisesti ole verrattavissa, sillä tässä tutkimuksessa Granger-kausaalisuutta ei havaittu, kuitenkin huomattiin että shokit talouskasvussa vaikuttavat uusituvan sähkön kulutukseen positiivisesti viidessä vuodessa. Apergiksen ja Paynen (2011b) tulokset viittasivat suojeluhypoteesin mukaiseen Granger-kausaalisuuteen lyhyellä aikavälillä, pitkällä aikavälillä ennustettavuusvaikutus oli kuitenkin kahdensuuntaista. Sadorskyn (2009a) tutkimuksessa keskityttiin ennemminkin tarkastelemaan joustovaikutuksia, mitkä viittasivat siihen että talouskasvu aiheuttaa kasvaessaan myös lisäystä uusituvan energian kulutukseen.

Norjan kohdalla havaittiin palautehypoteesin mukainen ennustettavuussuhde. Tätä löydöstä mukailee suurin osa paneeliaineistoa käyttäneistä tutkimuksista, mutta maakohtaisista tutkimuksista tuloksia sivuaa ainoastaan Sari ja muiden (2008) tulokset, missä havaittiin kahdensuuntaista Granger-kausaalisuutta vesivoiman, aurinkovoiman, tuulivoiman ja jätteen sekä teollisuuden tuotannon välillä. Paneeliaineisto tutkimuksista Apergiksen ja Paynen tässä tutkielmassa esitelty koko yhteinen tuotanto, sekä Sadorskyn (2009b) tutkimus ovat päätyneet palautehypoteesin mukaiseen Granger-kausaalisuuteen.

Suomen, Islannin ja Tanskan kohdalla on havaittu yhdensuuntaista Granger-kausaalisuutta päästöistä uusiutuvaan sähköön, kun taas Ruotsin ja Norjan kohdalla Granger-kausaalisuutta ei havaita Toda-Yamamoto metodilla tarkasteltaessa (taulukko 21). Parittainen Granger-kausaalisuustestaus vahvistaa havainnot kaikkien maiden paitsi Tanskan osalta. Tanskan kohdalla tulokset ovat päinvastaiset Toda-Yamamoto metodiin verrattuna. Tanskan ja Suomen kohdalla päästömuuttuja näyttää ennustavan uusiutuvan sähkön tuotannon kasvua, mikä on mahdollista ottaen huomioon uusiutuvan sähkön alkuperän. Vastaavasti Islannin kohdalla päästöjen lisääntyminen näyttää ennustavan uusiutuvan sähkön tuotannon laskua.

Uusiutuvan sähkön ja päästöjen välisestä ennustettavuudesta on myös monenkaltaisia tuloksia. Apergis ja muut (2010) havaitsivat kahdensuuntaista positiivista Granger-kausaalisuutta muuttujien välillä. Menyah ja Wolde-Rufael (2010) taas havaitsivat positiivista kausaalisuutta päästöistä uusiutuvaan energiaan, aivan kuten Suomen ja Tanskan kohdalla tässä tutkielmassa. Tämä viittaa siihen että päästöjen kasvu ennustaa uusiutuvan sähkön tuotannon kasvuun. Myös Payne (2012) havaitsi tutkimuksessaan päästöihin kohdistuneiden shokkien positiivisen vaikutuksen uusiutuvan energian kulutukseseen neljässä vuodessa, vaikkei suoranaista ennustettavuusvaikutusta havaittu. Lisäksi Sadorskyn (2009a) tutkimus viittaa siihen että päästöjen kasvaminen ennakoii uusiutuvan energian kulutuksen lisääystä pitkällä aikavälillä kaikissa G7 maissa, ja lyhyellä aikavälillä Kanadassa, Ranskassa ja Iso-Britanniassa.

Islannin kohdalla tässä tutkielmassa havaittiin että päästöjen kasvu vähentää uusiutuvan sähkön tuotantoa. Tämän tuloksen kaltaiseen päätelmään päätyi myös Sadorsky (2009a) Japanin osalta, kun tarkastelun kohteena oli ainoastaan lyhyt aikaväli. Tilanteelle yksi selitys voi olla, että Islannin teollisuuden päästöt ovat suuria, mutta sähkön tuotanto täysin päästövapaata. Kun teollisuuden tuotantoa lisätään nopeasti, on energian tarve suuri, jolloin energiaa joudutaan mahdollisesti tuottamaan myös fossiilisin menetelmin. Tällöin uusiutuvan sähkön osuus kokonaistuotannosta laskee samalla kun päästöt nousevat.

Pitkän aikavälin tasapainoa tarkasteltiin Johansenin yhteisintegraatiotestin kautta. Suomen kohdalla tulokset vahvistavat saadut Granger-kausaalisuustulokset. Granger-kausaalisuus oli negatiivista RE:stä Y:hyn, samoin joustovaikutus on negatiivinen. Kun uusiutuvan sähkön tuotanto kasvaa 1% laskee talous vastaavasti 0,9%. Muiden maiden kohdalla samankaltaista varmistusta ei saatu sillä Granger-kausaalisuutta RE:stä Y:hyn tai E:hen ei havaittu muiden maiden osalta. Mielenkiintoista kuitenkin on

että myös Tanskassa ja Islannissa joustovaikutus on samansuuntainen, jokaista 1% lisäystä uusiutuvaan sähköön kohti talouskehitys laskee 0,1% ja 0,2%. Islannin, Norjan ja Tanskan kohdalla myös vaikuttaa siltä että jokainen 1% lisäys uusiutuvaan sähköön laskee päästöjä 0,5%, 3,8% ja 0,7%. Ruotsissa taas päästöt kasvavat 2,4%. Myös Suomen kohdalla joustovaikutus on positiivista mutta tilastollisesti merkityksetöntä. RE:n tuotannon vaikutukset päästöihin olivat oletettuja jokaisen maan kohdalla. On myös tuotava esille Suomen ja Ruotsin kohdalla havaittu ilmiö, missä talouskasvu vähentää päästöjä. Tämä relaatio ei ole tilastollisesti merkitsevä kummankaan maan osalta, mutta silti mielenkiintoinen. Tämä mahdollisesti viittaa Suomen ja Ruotsin panostukseen päästöttömään teknologiaan.

## 5 Pohdinta

Granger-kausaalisuutta tarkastelemalla havaitaan kahden muuttujan väliset informaatioisällöt (Granger 1969). Toisin sanoen Granger-kausaalisuussuhteita selvittämällä voidaan tehdä oletuksia siitä miten muuttuja on reagoinut tarkasteluajavälillä jonkin toisen muuttujan muutokseen. Tästä syystä tässä tutkielmassa Granger-kausaalisuudesta on käytetty myös käsitteitä ennustevaikutus tai ennustettavuussuhde. Yleisesti näiden suhteiden oletetaan pitävän paikkansa myös tulevaisuudesta, mistä syystä Granger-kausaalisuuden perusteella on perusteltu joitain poliittisia suuntauksia.

Energiatehokkuuspolitiikan liittäminen tähän tutkielmaan on järkevää lähinnä Islannin ja Norjan kohdalla, sillä useimmiten energiatehokkuutta tavoitellessa vähennetään tuontisähkön tai fossiilisten polttoaineiden määrää. Sillä ei siis ole niinkään vaikutusta uusiutuviin menetelmiin. Kuitenkin Islannissa ja Norjassa lähes koko sähkön tuotanto tapahtuu uusiutuvien menetelmin, mistä syystä on oletettavaa että energiatehokkuuspolitiikka liittyy myös uusiutuviin menetelmiin. Norjan kohdalla palautehypoteesi viittaa tilanteeseen, missä uusiutuvan sähkön tuotantoon kohdistetut poliittiset toimenpiteet vaikuttavat myös talouskasvuun. Samoin talouskasvua lisäävät poliittiset linjaukset vaikuttavat positiivisesti uusiutuvan sähkön tuotantoon. Näin ollen Norjan kohdalla energiatehokkuuteen tähdentävät poliittiset toimenpiteet eivät ole järkeviä, sillä muuttujien välinen Granger-kausaalisuus viittaa siihen että vähennettäessä energian kulutusta se heikentää samalla talouskasvua. Islannin kohdalla Granger-kausaalisuus oli suojeluhypoteesin mukaista, mikä viittaa siihen uusiutuvaan sähköön kohdennetut poliittiset toimenpiteet eivät vaikuta talouskasvuun, jolloin energiatehokaspolitiikka olisi toivottavaa.

Suomen osalta havaittu negatiivinen Granger-kausaalisuus uusiutuvasta sähköstä talouskasvuun oli hieman odottamaton, vaikka sitä tuki useampi aikaisempi tutkimus. Tulokset viittaavat siihen, että Suomessa ei kannata panostaa uusiutuvia menetelmiä lisäävään politiikkaan, sillä se heikentäisi talouskasvua. Tämän hetkinen poliittinen linjaus, missä uusiutuvia menetelmiä pyritään lisäämään tukiaisin ja tariffein on ristiriidassa sellaisen poliittisen linjauksen kanssa missä edellytetään talouskasvua. Marquesin ja Fuinhasin (2012b) tavoin uskon, että relaation aiheuttaa uusiutuvien menetelmien kallis hinta sekä ihmisten huoli ympäristön tilasta. Mahdollisesti tilannetta voisi lähteä purkamaan vähentämällä tukiaisia ja tariffeja, sillä vaikuttaa siltä että niiden avulla ei ole huomattavasti lisätty uusiutuvien menetelmien kilpailukykyä, ja tällä tavoin säästetyt rahat kohdennettaisiin kestävien teknologioiden kehitykseen ja mahdolliseen tuotantoon.

Tanskan ja Ruotsin kohdalla havaitut suojeluhypoteesien mukaiset ennustusvaikutukset olivat odotettuja. Näissä maissa kannattaa siis keskittyä talouskasvun edistämiseen, sillä se lisää myös uusiutuvien menetelmien käyttöä sähkön tuotannossa, mutta myös itse uusiutuvien menetelmien edistämiseen.

Päästöjen ja uusiutuvan sähkön välillä Granger-kausaalisuutta ei havaittu Norjan ja Ruotsin kohdalla. Tämä tarkoittaa sitä että toiseen kohdistetut poliittiset toimenpiteet eivät näy toisen kehityksessä. Vastaavasti muiden maiden kohdalla päästöihin kohdistetut toimenpiteet indikoi muutosta uusiutuvan sähkön tuotannossa.

Uusiutuvan energian ja talouskasvun välistä Granger-kausaalisuutta käsittelevissä tutkimuksissa yllättävää oli tulosten suuri kirjo ja keskenään ristiriitaisia. Jopa samaa maata koskevat tutkimukset olivat hyvin alttiita tutkimusmenetelmän ja aikavälin valinnalle<sup>13</sup>. Yhteenvedona kirjallisuudesta voidaan sanoa, että on mielekkäämpää tarkastella maita yksittäin, sillä uusiutuvien menetelmien tuotanto on maakohtaista ja sitä säätelee monet eri tekijät.

Tulevaisuuden tutkimuksia ajatellen maavertailuja kannattaisi tarkastella laajemmin ja erilaisin kokoonpanoin. Mahdollisesti näihin tulisi sisällyttää jossain määrin myös paneeliaineistolla tehtyjä tuloksia. Lisäinformaatiota Granger-kausaalisuussuhteista saadaan, jos tarkastellaan yksittäisiä sähköntuotantomenetelmiä. Varsinkin päästöjä tutkittaessa se lisäisi tarkkuutta tuotantomenetelmäkohtaisten vaikutusten arvioinnissa. Lisäksi mielenkiintoista olisi tarkastella erilaisten poliittisten toimenpiteiden vaikutuksia niin uusiutuvassa sähkössä kuin päästöissä talouskasvuun.

---

<sup>13</sup> Yhdysvallat, taulukko 3

## 6 Lähteet

- Apergis ja muut 2010. "On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth". *Ecological Economics*, 69, s. 2255-2260
- Apergis ja Payne 2010. "Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries" *Energy Policy*, 38, s. 656-660
- Apergis ja Payne 2011a. "The renewable energy consumption-growth nexus in Central America", *Applied Energy*, 88, s.343-347
- Apergis ja Payne 2011b. "Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies" *Applied Energy*, 88, s. 5226-5230
- Apergis ja Payne 2012a. "A Global Perspective on the Renewable Energy Consumption-Growth Nexus". *Energy Sources, Osa B*, 7, s.314-322.
- Apergis ja Payne 2012b. "Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus:Evidence from a panel error correction model" *Energy Economics*, 24, s.733-738
- Apergis ja Payne 2013. "Another Look at the Electricity Consumption-Growth Nexus in South America" *Energy Sources, Osa B*, 8, s.171-178
- Chang ja muut 2009. "Treshold effect of the economic growth rate on the renewable energy development from a change in energy price: Evidence from OECD countries" *Energy Policy*, 37, s.5796-5802
- Chien ja Hu 2007. "Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies" *Energy Policy*, 35, s.3606-3615
- Chien ja Hu 2008. "Renewable energy: An efficient mechanism to improve GDP" *Energy Policy*, 36, s.3045-3052
- Dolado ja Lütkepohl 1996. "Making Wald test work for cointegrated VAR systems" *Econometric Review*, 15, 4, s. 369-386
- Euroopan komissio 2013. "Komission kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle - Kertomus edistymisestä uusiutuvien energialähteiden käytössä" Euroopan komissio, Bryssel, Belgia
- Granger 1969. "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods" *Econometrica*, 37, 3. (Aug., 1969), s.424-438
- Hamilton 1994. "Time Series Analysis" Princeton University Press, Princeton, New Jersey, Yhdysvallat
- IEA/Norden 2013. "Nordic Energy Technology Perspectives – Pathways to Carbon Neutral Energy Future" OECD/IEA, Pariisi, Ranska
- IEA 2007a. "Energy Policies of IEA Countries: Finland" OECD/IEA, Pariisi, Ranska
- IEA 2007b. "Energy Security and Climate Policy" OECD/IEA, Pariisi, Ranska

- IEA 2008. "Energy Policies of IEA Countries:Sweden" OECD/IEA, Pariisi, Ranska
- IEA 2011a. "Energy Policies of IEA Countries: Norway" OECD/IEA, Pariisi, Ranska
- IEA 2011b. "Energy Policies of IEA Countries: Denmark" OECD/IEA, Pariisi, Ranska
- IEA 2013. "Key World Energy Statistics" IEA
- Johansen ja Julius 1990. "Maximum likelihood estimation and inference on cointegration – with applications to the demand for money", Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 52, 2, s. 169-210
- Krohn ja muut 2009. "The Economics of Wind Energy - A report by the European Wind Energy Association".
- Lütkepohl ja Krätzig 2004. "Applied Time Series Econometrics" Cambridge University Press, Cambridge, Iso-Britannia(UK)
- MacKinnon 1996. "Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests", Journal of Applied Econometrics, 11, s.601-618
- MacKinnon, Haug ja Michelis 1999. "Numerical Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests for Cointegration" Journal of Applied Econometrics, 14, s.563-577
- Marques ja Fuinhas 2012a. "Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries" Renewable Energy, 44, s.109–118.
- Marques ja Fuinhas 2012b. "Is renewable energy effective in promoting growth?" Energy Policy, 46, 434–442
- Marques ja muut 2010. "Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach" Energy Policy, 38, s.6877–6885
- Menyah ja Wolde-Rufael 2010."CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth in the US" Energy Policy, s.2911-2915
- Ozturk 2010. "A literature survey on energy-growth nexus" Energy Policy, 38, s.340-349
- Payne 2012. "The Causal Dynamics between US Renewable Energy Consumption, Output, Emissions, and Oil Prices". Energy Sources, Osa B, 7, s.323-330
- Pedroni 1999. "Critical Values for Cointegration tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors" Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Special Issue, 61, 4, s. 653-670
- Sadorsky 2009a. "Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries" Energy Economics, 31, s. 456-462
- Sadorsky 2009b. "Renewable energy consumption and income in emerging economies". Energy Policy, 37, s.4021-4028.

- Sari ja muut 2008. "The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: an ARDL approach" *Energy economics*, 30 ,5, s.2302-2313
- Sari ja Soytas 2004. "Disaggregate energy consumption, employment and income in Turkey" *Energy Economics*, 26, s.335-344
- Stock ja Watson 2012. "Introduction to Econometrics" 3. painos. Pearson Education Limited, Essex, Englanti
- Sung ja Song 2013. "Causality between public policies and exports of renewable energy technologies" *Energy Policy*, 55, s. 95-104
- Toda ja Yamamoto 1995. "Statistical inference in vector autoregressions with possible possibly integrated processes" *Journal of econometrics*, 66, s.225-250
- Vaona 2012. "Granger non-causality tests between (non)renewable energy consumption and output in Italy since 1861: The (ir)relevance of structural breaks" *Energy Policy*, 45, s.226-236
- Vogelvang 2005. "Econometrics Theory and Applications with Eviews" Pearson Education Limited, Essex, Englanti
- Yildirim ja muut 2012. "Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, s.6770-6774

## Internet lähteet

- CIA 2013. "World Factbook, Iceland" <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ic.html> (luettu 21.08.2013)
- Energinet.dk 2013. "Smart Grid Denmark" <http://www.energinet.dk/EN/Sider/default.aspx> (luettu 06.06.2013)
- Eurostat 2013. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes> (luettu 04.11.2013)
- Giles 2013. "Testing for Granger-causality" <http://davegiles.blogspot.ca/2011/04/testing-for-granger-causality.html> (luettu 16.10.2013)
- IEA (International Energy Agency) tilastot <http://www.iea.org/stats/prodresult.asp?PRODUCT=Electricity/Heat> (luettu 13.06.2013)
- Islannin Tilastokeskus <http://www.statice.is/Statistics/Wages,-income-and-labour-market/Labour-market> (Haettu 20.4.2013)
- NEA (National Energy Authority Iceland) 2013. <http://www.nea.is/> (luettu 01.11.2013)
- Nord Pool Spot 2013. <http://www.nordpoolspot.com/> (luettu 10.07.2013)



Norjan Tilastokeskus <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/saveelections.asp> (tilasto haettu 20.4.2013)

Maaailmanpankki 2013. <http://databank.worldbank.org> (Tilasto haettu 16.5.2012 ja 11.2.2013)

RES Legal 2013. <http://www.res-legal.eu/> (luettu 07.06.2013)

Ruotsin Tilastokeskus [www.scb.se](http://www.scb.se) (tilasto haettu 20.4.2013)

Suomen Tilastokeskus [www.tilastokeskus.fi](http://www.tilastokeskus.fi) (tilasto haettu 20.4.2013)

US EIA (Energy Information Agency) 2013. <http://www.eia.gov/countries/index.cfm?topL=exp> (luettu 09.07.2013)

US EPA (Environmental Protection Agency) 2013. <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/air-emissions.html> (luettu 09.07.2013)

YK:n tilastotietokanta <http://data.un.org/> (tilasto haettu 20.4.2013)

## 7 Liitteet

### Liite 1. Muuttujien tilastollinen kuvailu

Muuttujien tilastolliset tiedot on kuvattu taulukoissa 1.1-1.5. Taulukkojen tietojen perusteella arvioidaan onko muuttujan otos jakautunut normaalisesti. Taulukoissa näkyvät muuttujan keskiarvo, varianssi ja keskihajonta, eli muuttujan arvojen keskikohta sekä sen levittäytyneisyys ja vaihtelut. Skewness (vinous, S) arvon perusteella nähdään onko jakauma symmetrinen vai ei, kun taas kurtosis (huipukkuus, K) arvo kertoo poikkeako jakauman korkeus normaalista. Kun vinousarvo on positiivinen, on jakauma oikealle kallistunut. Vastaavasti jakauma on kallistunut vasemmalle kun vinous on negatiivista. Huipukkuuden ollessa 3, on huipukkuus normaalista. Jos se on alle kolmen, on jakauma liian matala. Vastaavasti jos huipukkuus on yli 3, on se liian korkea. Jarque Bera (JB)-arvo viittaa normaalisuustestiin, mikä perustuu skewness ja kurtosis arvoihin. Tämä arvo johtaa helposti harhaan pienillä otoksilla, mikä voi johtaa normaalisuuden hylkäykseen, vaikka otos sitä olisikin (tyypin 1 virhe). JB-arvojen yhteyteen on merkitty millä tilastollisella todennäköisyydellä oletus normaalisuudesta voidaan hylätä (\*\*\*1%-tasolla, \*\*5%-tasolla tai \*10%-tasolla). (Stock ja Watson 2012)

Suomen kohdalla logaritmisista muuttujista vain päästöjä mittaava muuttuja poikkeaa normaalisuudesta JB-arvon perusteella. 1.differenssiksi muutettujen muuttujien osalta normaalisesti jakautuneita muuttujia ovat uusiutuvien energiamenetelmien tuotettu sähkö sekä päästöjä mittaava muuttuja. Ruotsin osalta muuttujista normaalista jakaumasta poikkeaa LRE, sekä logaritmien differenssin osalta CAP ja EMP. Islannin kohdalla kaikki logaritmisien muuttujat ovat normaalisesti jakautuneita. Kuitenkin normaalisuushypoteesi on hylättävä RE:n ja CAP:n logaritmien differenssien osalta. Parhaiten havaintoja eri muuttujille oli saatavilla Tanskan kohdalla. Näistä normaaliseksi kuitenkin todetaan logaritmeista vain Y ja CAP ja logaritmien differensseistä CAP ja E. Norjan osalta normaalista jakaumasta poikkeavia muuttujia ovat JB-testin mukaan RE ja E. Toisaalta kun tarkastellaan havaintojen vinoutta ja huipukkuutta eivät ne eroa suuresti normaalisuuden oletusarvoista. Molemmat ovat vasemmalle vinoja, LE liian korkea, LRE liian matala. Differenssimuunnoksista kaikki ovat normaalisesti jakautuneita.

Taulukko 1.1. Normaalisuusjakaumat Ruotsin osalta

	LRE	LY	LCAP	LEMP	LE	DLRE	DLY	DLCAP	DLEMP	DLE
Mean	24,828	25,887	23,855	8,335	11,032	0,019	0,026	0,064	0,004	-0,002
Median	24,841	25,901	24,041	8,347	10,958	0,023	0,028	0,086	0,006	-0,008
Max	25,146	26,447	25,302	8,432	11,434	0,288	0,066	0,241	0,045	0,148
Min	24,157	25,166	21,962	8,238	10,686	-0,268	-0,052	-0,433	-0,057	-0,168
Std, Dev,	0,245	0,346	0,928	0,050	0,204	0,116	0,023	0,129	0,017	0,073
Skewness	-0,763	-0,196	-0,459	-0,035	0,549	-0,290	-0,962	-1,665	-1,209	0,125
Kurtosis	2,835	2,245	2,097	2,229	2,020	3,018	4,461	6,577	6,190	2,317
JB	5,002*	1,538	3,524	1,049	4,514	0,703	12,158	49,755***	27,372***	1,081
n	51	51	51	42	50	50	50	50	41	49

**Taulukko 1.2. Normaalisuusjakaumat Suomen osalta**

	<b>LRE</b>	<b>LY</b>	<b>LCAP</b>	<b>LE</b>	<b>LEMP</b>	<b>DLRE</b>	<b>DLY</b>	<b>DLCAP</b>	<b>DLE</b>	<b>DLEMP</b>
<b>Mean</b>	23.372	5.077	23.185	10.709	7.751	0.031	0.030	0.068	0.026	0.004
<b>Median</b>	23.303	5.156	23.355	10.855	7.769	0.014	0.032	0.073	0.033	0.007
<b>Max</b>	24.048	5.754	24.785	11.140	7.836	0.420	0.092	0.312	0.191	0.067
<b>Min</b>	22.385	4.200	21.135	9.612	7.628	-0.258	-0.089	-0.403	-0.204	-0.074
<b>Std. Dev.</b>	0.386	0.444	1.096	0.381	0.059	0.144	0.031	0.154	0.098	0.025
<b>Skewness</b>	-0.089	-0.302	-0.530	-1.612	-0.571	0.259	-1.502	-0.853	-0.340	-1.043
<b>Kurtosis</b>	2.196	2.039	1.985	4.778	2.205	2.993	6.966	3.902	2.325	5.599
<b>JB</b>	1.440	2.739	4.577	28.24***	3.311	0.560	51.57***	7.762**	1.876	18.508***
<b>n</b>	51	51	51	50	41	50	50	50	49	40

**Taulukko 1.3. Normaalisuusjakaumat Islannin osalta**

	<b>LRE</b>	<b>LY</b>	<b>LCAP</b>	<b>LE</b>	<b>LEMP</b>	<b>DLRE</b>	<b>DLY</b>	<b>DLCAP</b>	<b>DLE</b>	<b>DLEMP</b>
<b>Mean</b>	21,883	22,380	20,357	7,481	5,035	0,070	0,036	0,060	0,010	0,011
<b>Median</b>	22,102	22,479	20,601	7,539	5,053	0,042	0,042	0,069	0,009	0,008
<b>Maximum</b>	23,562	23,211	22,485	7,758	5,188	0,509	0,123	0,428	0,166	0,049
<b>Minimum</b>	20,081	21,296	17,944	6,997	4,917	-0,022	-0,068	-0,898	-0,232	-0,064
<b>Std, Dev,</b>	0,976	0,547	1,169	0,194	0,088	0,093	0,041	0,246	0,076	0,026
<b>Skewness</b>	-0,401	-0,382	-0,347	-0,689	0,121	2,713	-0,488	-1,226	-0,416	-0,892
<b>Kurtosis</b>	2,297	2,091	2,371	2,494	1,857	12,014	2,976	5,897	3,805	4,547
<b>JB</b>	2,419	2,998	1,863	4,483	1,138	230,644***	1,984	30,021***	2,737	4,414
<b>n</b>	51	51	51	50	20	50	50	50	49	19

**Taulukko 1.4. Normaalisuusjakaumat Tanskan osalta**

	<b>LRE</b>	<b>LY</b>	<b>LCAP</b>	<b>LE</b>	<b>LEMP</b>	<b>DLRE</b>	<b>DLY</b>	<b>DLCAP</b>	<b>DLE</b>	<b>DLEMP</b>
<b>Mean</b>	19,463	25,419	23,589	10,865	7,902	0,124	0,024	0,066	0,009	0,005
<b>Median</b>	18,578	25,471	23,846	10,905	7,943	0,088	0,025	0,067	0,013	0,006
<b>Maximum</b>	23,249	25,910	25,004	11,138	7,991	0,631	0,089	0,429	0,217	0,029
<b>Minimum</b>	16,860	24,678	21,778	10,302	7,648	-0,174	-0,058	-0,325	-0,186	-0,042
<b>Std, Dev,</b>	2,461	0,347	0,897	0,163	0,085	0,162	0,024	0,134	0,092	0,011
<b>Skewness</b>	0,296	-0,374	-0,435	-1,491	-1,086	1,051	-0,357	-0,309	0,153	-1,525
<b>Kurtosis</b>	1,395	2,130	2,221	5,760	3,293	4,154	4,667	4,399	2,579	8,753
<b>JB</b>	6,217**	2,794	2,554	34,40***	9,014**	11,974***	6,853**	4,289	0,551	72,423***
<b>n</b>	51	51	45	50	45	50	50	44	49	41

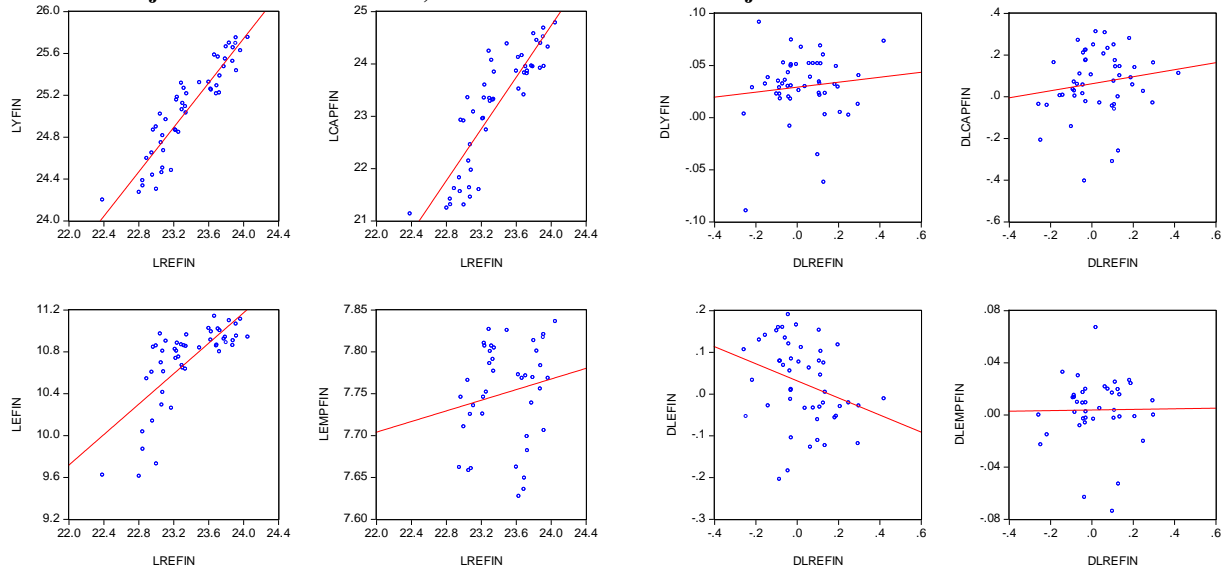
**Taulukko 1.5. Normaalisuusjakaumat Norjan osalta**

	<b>LRE</b>	<b>LY</b>	<b>LCAP</b>	<b>LEMP</b>	<b>LE</b>	<b>DLRE</b>	<b>DLY</b>	<b>DLCAP</b>	<b>DLEMP</b>	<b>DLE</b>
<b>Mean</b>	25,187	25,316	23,395	7,633	10,305	0,027	0,033	0,080	0,011	0,026
<b>Median</b>	25,358	25,401	23,562	7,625	10,395	0,052	0,037	0,091	0,008	0,028
<b>Maximum</b>	25,679	26,009	25,289	7,834	10,820	0,229	0,061	0,304	0,047	0,232
<b>Minimum</b>	24,164	24,369	21,142	7,407	9,481	-0,204	-0,017	-0,159	-0,031	-0,174
<b>Std, Dev,</b>	0,400	0,504	1,183	0,115	0,334	0,091	0,018	0,112	0,016	0,077
<b>Skewness</b>	-0,952	-0,274	-0,481	-0,206	-1,046	-0,620	-0,540	0,100	-0,061	0,070
<b>Kurtosis</b>	2,903	1,864	2,150	2,418	3,412	3,001	2,748	2,357	3,030	3,423
<b>JB</b>	7,730**	3,378	3,500	0,826	9,464***	3,201	2,559	0,945	0,025	0,406
<b>n</b>	51	51	51	39	50	50	50	50	38	49

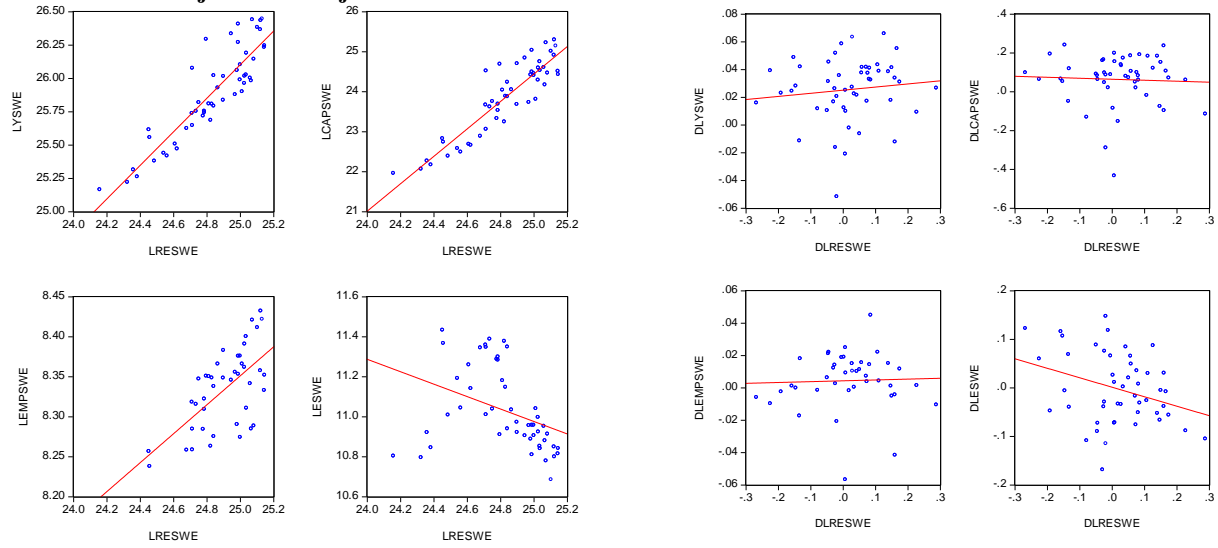
## Liite 2. Hajontakuviot

Hajontakuvioista havaitaan muuttujan RE suhde muihin muuttujiin nähden, ensin logaritmisessa muodossa, sitten differenssimuodossa. Kaikkien maiden osalta logaritmistien muuttujien hajontakuvioissa sovitettu regressiosuora on jyrkempi, mikä viittaa korkeampaan korrelaatiokertoimeen muuttujien välillä. Tämä johtuu mitä luultavimminkin aikatrendistä, ja sen korreloituneisuudesta. Logaritmin differenssin kuvaajiin merkityt regressiosuorat kasvavat loivemmin ja saattavat olla erisuuntaisia logaritmi hajontakuvioon verrattuna. Näin on käynyt Suomen, Tanskan ja Norjan päästömuuttujan ja RE:n väliselle suhteelle, sekä Norjan kohdalla positiivinen suhde EMP ja RE muuttujien välillä on muuttunut lievästi laskevaksi. Todellinen korrelaatio on havaittavissa siis logaritmin differenssikuvioiden kautta, sillä niistä on poistettu trendin vaikutus. Huomion arvoista kuvioista on negatiivinen relaatio RE:n ja päästöjen välillä kaikkien muiden maiden paitsi Islannin osalta (kuvio 2.3). Islannissa päästöt eivät muutu uusiutuvan energian osuuden kasvaessa sähkön tuotannossa. Vastaavasti RE:n ja Y:n välinen korrelaatio on heikkoa, mutta positiivista kaikkien muiden maiden paitsi Tanskan osalta. EMP muuttujan osalta vahvin relaatio RE:hen on Islannin kohdalla. Tämä saattaa johtua EMP muuttujan pienestä, 21 havainnon, otoksesta.

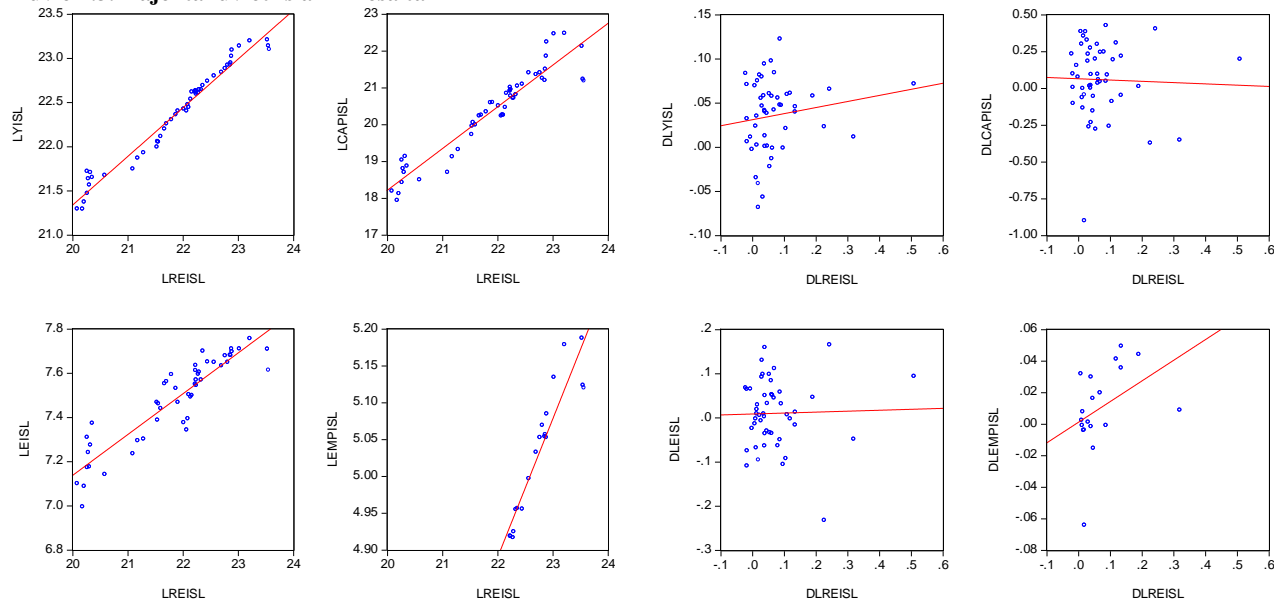
Kuvio 2.1. Hajontakuviot Suomen osalta, RE verrattuna muihin muuttujiin



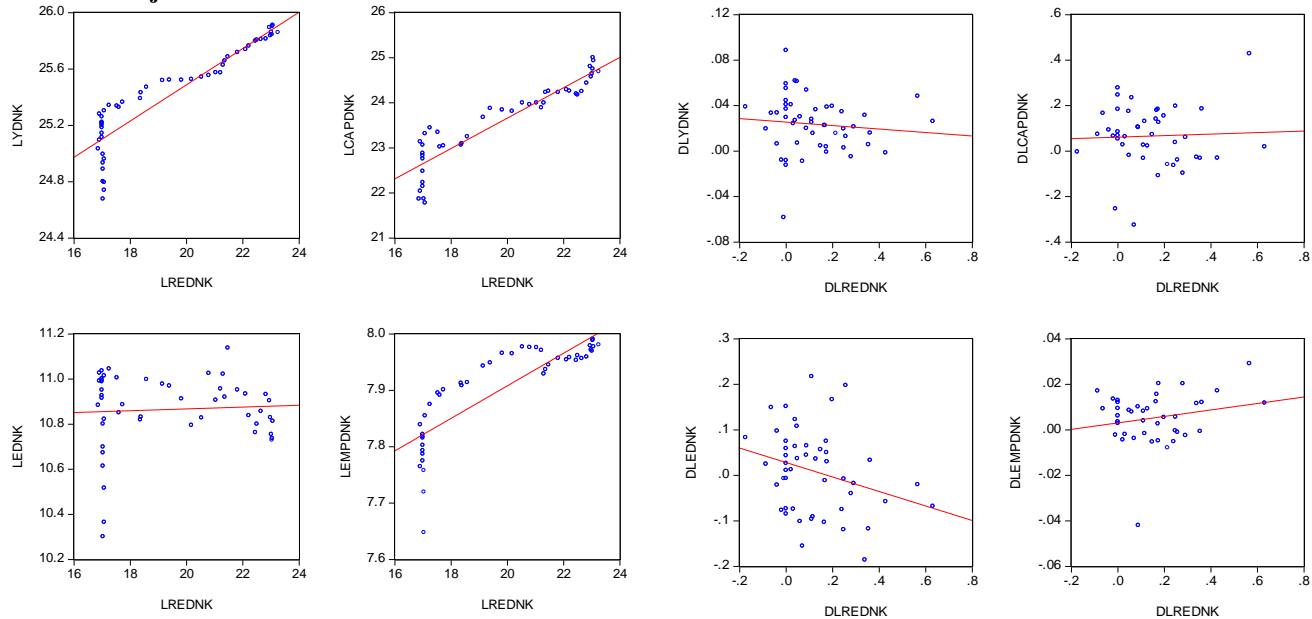
**Kuvio 2.2. Muuttujien väliset hajontakuviot Ruotsin osalta**



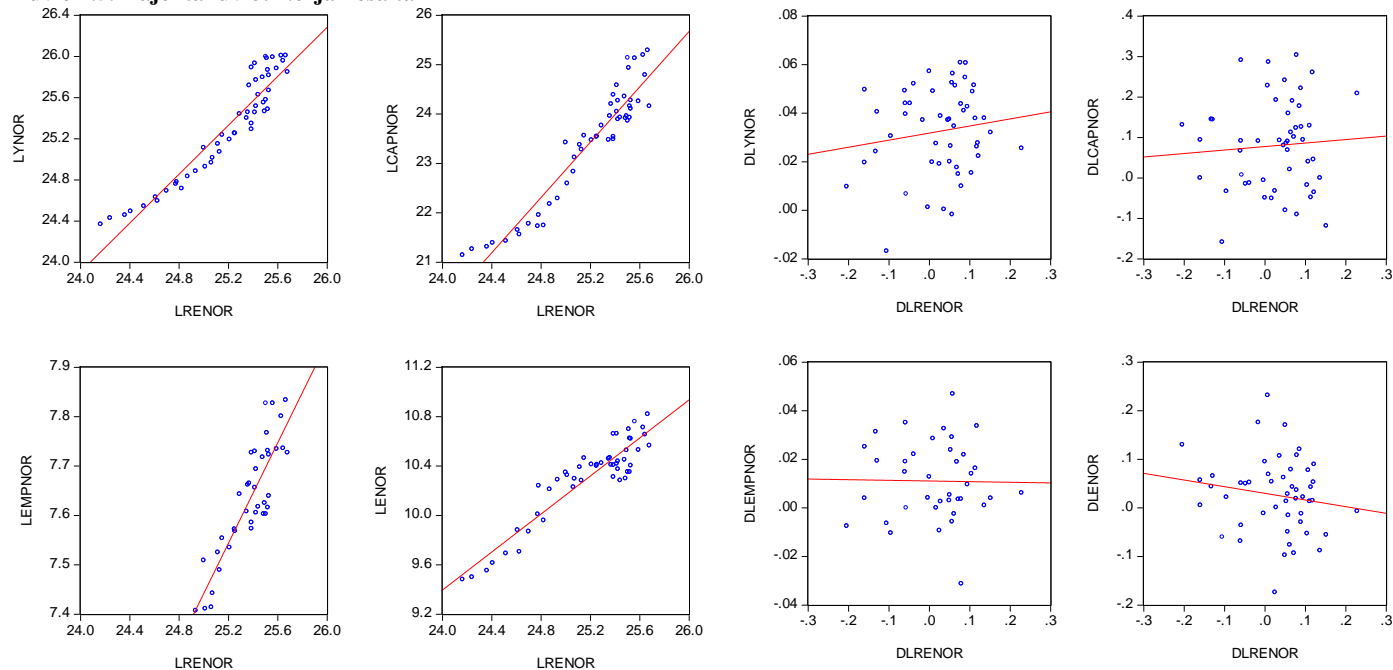
**Kuvio 2.3. Hajontakuviot Islannin osalta**



**Kuvio 2.4. Hajontakuviot Tanskan osalta**



**Kuvio 2.5. Hajontakuviot Norjan osalta**



### Liite 3. VAR-mallien viiverakenteen valinta

Toda-Yamamoto –prosessin mukaisten VAR-mallien optimaalisen viiverakenteen testaukset on tehty logaritmisilla muuttujilla enintään 6 viiveen tapauksissa.

VAR-malleihin valitaan viiveet AIC (Akaike informaatio kriteerin), BIC (Schwartz Bayesian informaatiokriteerin) sekä HQC (Hannan-Quinn kriteerin) avulla. Tässä tapauksessa on päädytty HQC:n mukaisiin viiverakenteisiin.

**Taulukko 3.1. VAR mallien viiveet logaritmisten muuttujien osalta Toda-Yamamoto prosessin mukaisiin VAR-malleihin.**

	AIC	BIC	HQC	valittu viive
Ruotsi_Y	6 (-16,09*)	1 (-12,99*)	6 (-14,56*)	6
Ruotsi_E	1 (-9,14*)	1 (-8,65*)	1 (-8,96*)	1
Suomi_Y	6 (-14,71*)	1 (-12,38*)	2 (-13,42*)	2
Suomi_E	2 (-7,80*)	1 (-6,97*)	2 (-7,49*)	2
Tanska_Y	6 (-16,93*)	1 (-13,20*)	6 (-15,40*)	6
Tanska_E	1 (-7,90*)	1 (-7,41*)	1 (7,71*)	1
Norja_Y	6 (-18,83*)	1 (-14,55*)	6 (-17,30*)	6
Norja_E	2 (-10,19*)	1 (-9,39*)	2 (-9,88*)	2
Islanti_Y	2 (-14,61*)	1 (-13,11*)	2 (-14,36*)	2
Islanti_E	3 (-8,39*)	1 (-7,72*)	3 (-7,98*)	3

Johansenin yhteisintegraatiotestaukseen valittavat viiverakenteet. Nämä viiveoptimalisaatiot on tehty differenssimuuttujilla sillä viiveet lisätään vain differenssimuuttujamalliin. Testaukset on tehty 5 viiveen tapauksissa.

**Taulukko 3.2. VAR-mallien viiveet differenssimuuttujien osalta Johansenin ML testausta varten.**

	AIC	BIC	HQC	valittu viive
Ruotsi_Y	2 (-5.243225* )	1 (-5.004443* )	2 (-5.151910*)	2
Ruotsi_E	1 (-7.666466* )	1 (-7.159802* )	1 (-7.483272*)	1
Suomi_Y	4 (-4.806095*)	2 (-4.547216*)	2 (-4.708951*)	2
Suomi_E	1 (-6.488259*)	1 (-5.976394* )	1 (-6.304606*)	1
Tanska_Y	1 (-5.119853* )	1 (-4.910880* )	1 (-5.043756*)	1
Tanska_E	1 (-6.944300* )	1 (-6.437636* )	1 (-6.761106*)	1
Norja_Y	2 (-5.540452* )	2 (-5.281886*)	2 (-5.448456*)	2
Norja_E	2 (-7.970923* )	1 (-7.373139* )	2 (-7.725335*)	1
Islanti_Y	1 (-13,061*)	1 (-12,080*)	1 (-12,963*)	1
Islanti_E	3 (-5,967*)	1 (-5,391*)	1 (-5,689*)	1

Parittaisten Granger-kausalisuus testauksen viiverakenteen valinta: optimaalinen viiverakenne on testattu enintään viidellä viiveellä ja optimaalinen viivevalinta on merkittynä suluissa. Viivevalintaa on tarkasteltu vain RE muuttujan osalta, sillä muiden muuttujien väliset ennustussuhteet eivät ole tämän tutkielman keskiössä.

**Taulukko 3.3. Parittaisten Granger-kausalisuus testausten viiverakenteen valinta**

	Suomi		Ruotsi		Tanska		Islanti		Norja
DLRE – DLY	AIC(1) HQC(1)	BIC(1)	AIC(4) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) HQC(1)	BIC(0)	AIC(1) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) BIC(1) HQC(1)
DLRE – DLE	AIC(1) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) BIC(0) HQC(1)
DLRE – DLEMP	AIC(2) HQC(2)	BIC(1)	AIC(2) HQC(2)	BIC(1)	AIC(3) HQC(0)	BIC(0)	AIC(4) HQC(4)	BIC(3)	AIC(4) BIC(1) HQC(1)
DLRE - DLCAP	AIC(2) HQC(2)	BIC(1)	AIC(1) HQC(0)	BIC(0)	AIC(1) HQC(1)	BIC(0)	AIC(4) HQC(1)	BIC(1)	AIC(1) BIC(1) HQC(1)
Valittu viive	1		1		1		1		1



#### Liite 4. VAR-mallin virhetermin autokorreloituneisuus

Virhetermin autokorreloituneisuuden tarkastelu on tärkeää siinä vaiheessa kun valitaan oikeaa viiverakennetta VAR-mallille. Logaritmisten muuttujien kohdalla valittujen VAR-mallien LM testien tulokset esitellään seuraavissa taulukoissa. Useamman viiveen sisällyttäminen malliin yleensä korjaa autokorreloituneisuudesta aiheutuvia ongelmia, tästä syystä monessa kohdassa (joskaan ei kaikissa tapauksissa) on päädytty valitsemaan suurin optimaalinen viivemäärä. Testattava 0-hypoteesi on: ei autokorreloituneisuutta.

**Taulukko 4.1 Suomi: kahden viiveen Y:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	20.61659	0.1937
2	13.39235	0.6439
3	13.62750	0.6264
4	9.989453	0.8672
5	13.60450	0.6282
6	16.89651	0.3923
7	13.29252	0.6513
8	9.961630	0.8686
9	10.04807	0.8641
10	17.25177	0.3695
11	11.36967	0.7861
12	9.908960	0.8713

Probs from chi-square with 16 df.

**Taulukko 4.2 Suomi: kahden viiveen E:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	13.68268	0.1341
2	11.92806	0.2174
3	4.834465	0.8485
4	5.394851	0.7986
5	13.16854	0.1551
6	12.29664	0.1971
7	16.19264	0.0630
8	5.341041	0.8036
9	13.48161	0.1420
10	14.93493	0.0927
11	4.491971	0.8762
12	10.74164	0.2938

Probs from chi-square with 9 df.

**Taulukko 4.3 Ruotsi: kuuden viiveen Y:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	29.95766	0.0182
2	14.88066	0.5334
3	13.98248	0.6000
4	27.88747	0.0326
5	21.73434	0.1520
6	12.70309	0.6943
7	8.838452	0.9199
8	18.83683	0.2772
9	10.36049	0.8471
10	6.610306	0.9801
11	17.73715	0.3395
12	11.80417	0.7573

Probs from chi-square with 16 df.

**Taulukko 4.4 Ruotsi: yhden viiveen E:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	14.36408	0.1100
2	5.467829	0.7918
3	8.288607	0.5053
4	8.336837	0.5006
5	7.270786	0.6089
6	8.995420	0.4377
7	19.57229	0.0207
8	11.13212	0.2668
9	3.560351	0.9379
10	6.723057	0.6659
11	7.333618	0.6024
12	5.374522	0.8005

Probs from chi-square with 9 df.

**Taulukko 4.5 Norja: yhden viiveen Y:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	40.63148	0.0006
2	22.37516	0.1315
3	17.75733	0.3383
4	19.85139	0.2270
5	30.20499	0.0170
6	13.02262	0.6711
7	22.37354	0.1315
8	16.60875	0.4113
9	22.97305	0.1145
10	29.87546	0.0187
11	26.45467	0.0480
12	12.19789	0.7302

Probs from chi-square with 16 df.

**Taulukko 4.6 Norja: kahden viiveen E:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	7.410536	0.5945
2	8.004886	0.5337
3	8.140060	0.5201
4	14.09677	0.1189
5	7.968351	0.5373
6	7.834798	0.5509
7	7.067849	0.6301
8	4.656712	0.8631
9	8.137322	0.5204
10	8.978587	0.4393
11	4.522491	0.8738
12	7.136736	0.6229

Probs from chi-square with 9 df.

**Taulukko 4.7 Islanti: yhden viiveen Y:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	16.64115	0.4092
2	14.73450	0.5442

Probs from chi-square with 16 df.

**Taulukko 4.8 Islanti: kolmen viiveen E:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	11.43536	0.2470
2	15.30422	0.0829
3	12.56078	0.1835
4	11.83829	0.2226
5	11.60292	0.2366
6	6.639694	0.6746
7	5.000110	0.8343
8	14.35442	0.1103
9	5.960000	0.7439
10	5.964782	0.7434
11	3.871461	0.9197
12	5.945180	0.7454

Probs from chi-square with 9 df.

**Taulukko 4.9 Tanska: yhden viiveen Y:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	29.09574	0.0233
2	8.086259	0.9463
3	12.85056	0.6837
4	18.07308	0.3196
5	15.54494	0.4851
6	16.24302	0.4361
7	23.86651	0.0925
8	21.73674	0.1519
9	17.18518	0.3737
10	22.44850	0.1293
11	17.71317	0.3410
12	12.25730	0.7261

Probs from chi-square with 16 df.

**Taulukko 4.10 Tanska: yhden viiveen E:tä selittävän mallin virhetermin autokorreloituneisuus**

Lags	LM-Stat	Prob
1	15.04081	0.0898
2	8.232441	0.5109
3	21.98130	0.0089
4	12.09875	0.2078
5	22.01043	0.0088
6	3.375159	0.9475
7	4.824804	0.8493
8	13.22534	0.1527
9	9.434740	0.3981
10	6.232532	0.7164
11	3.496682	0.9413
12	9.089909	0.4290

Probs from chi-square with 9 df.

## Liite 5. VAR-mallien tulosteet viiverakenteella ( $p+d_{\max}$ )

Seuraavissa taulukoissa on esitelty yhtälöiden 8-15 mukaiset VAR mallit kaikkien maiden osalta. Tulosteissa on esitelty selittävän muuttujan kertoimet, (virhe) ja [t-testiarvot]. Taulukkoissa ei ole ilmoitettu p-arvoja t-testille. Yksittäisen viiveen kertoimen tilastollisella todennäköisyydellä ei ole väliä, sillä kausaalisuus todetaan Waldin rajoitetestauksella viiveiden yhteisvaikutuksesta kohdassa 4.2.1.3. N viittaa havaintojen määrään.

**Taulukko 5.1. Yhtälöiden 8-12 mukaiset Suomen VAR tulosteet**

N=38	LYFIN	LREFIN	LEMPFIN	LCAPFIN
LYFIN(-1)	1.502658 (0.23318) [ 6.44422]	-0.328402 (1.09352) [-0.30032]	0.458382 (0.14892) [ 3.07811]	2.359304 (1.00308) [ 2.35206]
LYFIN(-2)	-1.283207 (0.55119) [-2.32807]	1.179069 (2.58486) [ 0.45614]	-0.602962 (0.35201) [-1.71291]	-0.808418 (2.37108) [-0.34095]
LREFIN(-1)	-0.112869 (0.04485) [-2.51642]	0.040573 (0.21034) [ 0.19289]	-0.047924 (0.02864) [-1.67304]	-0.516223 (0.19295) [-2.67546]
LREFIN(-2)	-0.015823 (0.05059) [-0.31278]	-0.098151 (0.23724) [-0.41372]	0.007808 (0.03231) [ 0.24166]	-0.181616 (0.21762) [-0.83455]
LEMPFIN(-1)	0.217977 (0.52241) [ 0.41726]	0.040807 (2.44988) [ 0.01666]	1.242679 (0.33363) [ 3.72475]	-1.222501 (2.24725) [-0.54400]
LEMPFIN(-2)	-0.186155 (0.60615) [-0.30711]	-1.276648 (2.84260) [-0.44911]	-0.387344 (0.38711) [-1.00061]	-0.688131 (2.60750) [-0.26390]
LCAPFIN(-1)	-0.072360 (0.04921) [-1.47032]	-0.083321 (0.23079) [-0.36102]	-0.049468 (0.03143) [-1.57392]	0.894885 (0.21171) [ 4.22702]
LCAPFIN(-2)	0.047503 (0.06793) [ 0.69934]	0.058421 (0.31854) [ 0.18340]	0.025899 (0.04338) [ 0.59704]	-0.201037 (0.29220) [-0.68801]
C	1.804195 (1.33352) [ 1.35296]	16.93628 (6.25368) [ 2.70821]	-0.097631 (0.85163) [-0.11464]	-8.743946 (5.73646) [-1.52428]
LYFIN(-3)	1.066908 (0.51532) [ 2.07037]	0.288780 (2.41666) [ 0.11950]	0.339988 (0.32910) [ 1.03307]	-0.249391 (2.21678) [-0.11250]
LREFIN(-3)	-0.065425 (0.05034) [-1.29972]	-0.208756 (0.23607) [-0.88431]	-0.050255 (0.03215) [-1.56325]	0.170645 (0.21654) [ 0.78804]
LEMPFIN(-3)	-0.468106 (0.33847) [-1.38301]	-1.095516 (1.58729) [-0.69018]	-0.061069 (0.21616) [-0.28252]	1.640617 (1.45601) [ 1.12679]
LCAPFIN(-3)	-0.019497 (0.04417) [-0.44139]	0.117057 (0.20715) [ 0.56508]	-0.023655 (0.02821) [-0.83854]	-0.100723 (0.19002) [-0.53007]
R-squared	0.994895	0.906183	0.944621	0.977705
Adj. R-squared	0.992445	0.861151	0.918040	0.967004
Sum sq. resids	0.015413	0.338966	0.006286	0.285215
S.E. equation	0.024830	0.116442	0.015857	0.106811

F-statistic	406.0368	20.12308	35.53646	91.36167
-------------	----------	----------	----------	----------

**Taulukko 5.2. Yhtälöiden 13-15 mukaiset Suomen VAR tulosteet**

N=47	LEFIN	LREFIN	LYFIN
LEFIN(-1)	0.471471 (0.17820) [ 2.64570]	0.515005 (0.24590) [ 2.09438]	0.084270 (0.05402) [ 1.56007]
LEFIN(-2)	0.195913 (0.20368) [ 0.96187]	-0.033873 (0.28105) [-0.12052]	-0.071332 (0.06174) [-1.15537]
LREFIN(-1)	-0.268555 (0.12986) [-2.06809]	0.502682 (0.17919) [ 2.80536]	0.018301 (0.03936) [ 0.46494]
LREFIN(-2)	0.161502 (0.13975) [ 1.15567]	0.270022 (0.19283) [ 1.40028]	0.056950 (0.04236) [ 1.34443]
LYFIN(-1)	-0.124105 (0.62373) [-0.19897]	-0.022285 (0.86067) [-0.02589]	1.730387 (0.18907) [ 9.15232]
LYFIN(-2)	-0.244802 (1.04393) [-0.23450]	1.017645 (1.44051) [ 0.70645]	-1.183043 (0.31644) [-3.73863]
C	1.590672 (1.01725) [ 1.56370]	-0.567654 (1.40369) [-0.40440]	0.508192 (0.30835) [ 1.64810]
LEFIN(-3)	0.074561 (0.15117) [ 0.49322]	-0.408571 (0.20860) [-1.95864]	0.030375 (0.04582) [ 0.66288]
LREFIN(-3)	0.175212 (0.12049) [ 1.45415]	-0.093576 (0.16626) [-0.56281]	-0.033019 (0.03652) [-0.90405]
LYFIN(-3)	0.355131 (0.59148) [ 0.60041]	-0.705514 (0.81617) [-0.86442]	0.375073 (0.17929) [ 2.09200]
R-squared	0.929192	0.916098	0.996888
Adj. R-squared	0.911968	0.895689	0.996131
Sum sq. resids	0.250640	0.477237	0.023029
S.E. equation	0.082305	0.113571	0.024948
F-statistic	53.94863	44.88782	1316.944

**Taulukko 5.3. Yhtälöiden 8-12 mukaiset Ruotsin VAR tulosteet**

N=35	LYSWE	LRESWE	LEMPWE	LCAPSWE
LYSWE(-1)	0.321824 (0.33573) [ 0.95859]	4.923457 (2.53188) [ 1.94458]	0.134744 (0.34670) [ 0.38865]	1.216984 (1.63595) [ 0.74390]
LYSWE(-2)	-0.205603 (0.37093)	-3.004728 (2.79735)	-1.050159 (0.38305)	-7.680616 (1.80748)

	[-0.55429]	[-1.07413]	[-2.74154]	[-4.24936]
LYSWE(-3)	1.075568	0.208946	0.751173	-0.629026
	(0.69244)	(5.22203)	(0.71508)	(3.37415)
	[ 1.55330]	[ 0.04001]	[ 1.05048]	[-0.18642]
LYSWE(-4)	0.259500	-2.742986	0.216365	5.272857
	(0.49403)	(3.72570)	(0.51018)	(2.40732)
	[ 0.52527]	[-0.73623]	[ 0.42410]	[ 2.19034]
LYSWE(-5)	0.546777	9.536181	0.496870	3.403629
	(0.57899)	(4.36642)	(0.59791)	(2.82131)
	[ 0.94437]	[ 2.18398]	[ 0.83101]	[ 1.20640]
LYSWE(-6)	-0.327970	-6.612349	-0.606841	2.726898
	(0.39336)	(2.96655)	(0.40622)	(1.91680)
	[-0.83376]	[-2.22897]	[-1.49386]	[ 1.42263]
LRESWE(-1)	-0.033701	-0.202147	0.050040	0.124773
	(0.03948)	(0.29772)	(0.04077)	(0.19237)
	[-0.85369]	[-0.67899]	[ 1.22744]	[ 0.64862]
LRESWE(-2)	0.012781	-0.252901	0.017896	0.887804
	(0.03196)	(0.24099)	(0.03300)	(0.15571)
	[ 0.39996]	[-1.04943]	[ 0.54232]	[ 5.70157]
LRESWE(-3)	-0.043275	-0.069018	0.017495	0.723823
	(0.05831)	(0.43977)	(0.06022)	(0.28416)
	[-0.74211]	[-0.15694]	[ 0.29052]	[ 2.54728]
LRESWE(-4)	-0.087435	-0.377962	-0.075279	0.114168
	(0.03954)	(0.29815)	(0.04083)	(0.19265)
	[-2.21157]	[-1.26768]	[-1.84383]	[ 0.59262]
LRESWE(-5)	-0.011936	-0.535012	0.015985	0.357532
	(0.03282)	(0.24752)	(0.03389)	(0.15993)
	[-0.36367]	[-2.16151]	[ 0.47161]	[ 2.23554]
LRESWE(-6)	0.005891	-0.222441	-0.000557	0.367631
	(0.02624)	(0.19790)	(0.02710)	(0.12787)
	[ 0.22448]	[-1.12402]	[-0.02057]	[ 2.87505]
LEMPSWE(-1)	1.276124	-1.559498	1.968979	6.537193
	(0.33097)	(2.49602)	(0.34179)	(1.61277)
	[ 3.85569]	[-0.62479]	[ 5.76077]	[ 4.05339]
LEMPSWE(-2)	-2.212579	-0.833305	-1.392181	-4.811211
	(0.61702)	(4.65328)	(0.63719)	(3.00666)
	[-3.58589]	[-0.17908]	[-2.18486]	[-1.60018]
LEMPSWE(-3)	1.364929	7.121487	0.409202	1.043745
	(0.63421)	(4.78291)	(0.65495)	(3.09042)
	[ 2.15216]	[ 1.48894]	[ 0.62479]	[ 0.33774]
LEMPSWE(-4)	-1.314631	-9.445645	-0.277304	-2.303898
	(0.70932)	(5.34934)	(0.73251)	(3.45641)
	[-1.85336]	[-1.76576]	[-0.37857]	[-0.66656]
LEMPSWE(-5)	0.852876	7.957869	-0.243495	-4.132575
	(0.73934)	(5.57576)	(0.76351)	(3.60271)
	[ 1.15356]	[ 1.42723]	[-0.31891]	[-1.14707]
LEMPSWE(-6)	0.790450	-5.293100	1.150067	5.065930
	(0.83675)	(6.31038)	(0.86411)	(4.07738)
	[ 0.94466]	[-0.83879]	[ 1.33093]	[ 1.24245]
LCAPSW(-1)	-0.069120	-0.189182	-0.085258	-0.076769
	(0.05477)	(0.41304)	(0.05656)	(0.26688)
	[-1.26203]	[-0.45802]	[-1.50741]	[-0.28765]
LCAPSW(-2)	0.162469	0.253188	0.157607	0.903357
	(0.04717)	(0.35570)	(0.04871)	(0.22983)
	[ 3.44463]	[ 0.71180]	[ 3.23578]	[ 3.93051]

LCAPSW(-3)	-0.158043 (0.06543) [-2.41539]	0.366174 (0.49345) [ 0.74207]	-0.096905 (0.06757) [-1.43413]	-0.708575 (0.31884) [-2.22236]
LCAPSW(-4)	0.052381 (0.06735) [ 0.77772]	-0.264380 (0.50793) [-0.52050]	-0.050783 (0.06955) [-0.73012]	-0.237349 (0.32820) [-0.72319]
LCAPSW(-5)	-0.071362 (0.07203) [-0.99070]	-0.504278 (0.54323) [-0.92830]	0.041110 (0.07439) [ 0.55265]	-0.394059 (0.35100) [-1.12267]
LCAPSW(-6)	-0.017296 (0.06275) [-0.27564]	0.972840 (0.47324) [ 2.05572]	-0.093633 (0.06480) [-1.44490]	-0.669259 (0.30578) [-2.18872]
C	7.652605 (5.61322) [ 1.36332]	38.22836 (42.3321) [ 0.90306]	-0.850940 (5.79672) [-0.14680]	-112.7200 (27.3524) [-4.12103]
LYSWE(-7)	-0.889023 (0.28890) [-3.07724]	-2.429084 (2.17875) [-1.11490]	0.146629 (0.29835) [ 0.49147]	-2.020759 (1.40778) [-1.43543]
LRESWE(-7)	0.031463 (0.02910) [ 1.08117]	0.025900 (0.21947) [ 0.11801]	0.000955 (0.03005) [ 0.03178]	0.475988 (0.14181) [ 3.35662]
LEMPSWE(-7)	-0.898690 (0.59603) [-1.50778]	4.724825 (4.49499) [ 1.05113]	-0.754573 (0.61552) [-1.22591]	0.744376 (2.90438) [ 0.25629]
LCAPSW(-7)	0.199380 (0.05064) [ 3.93757]	-0.306516 (0.38187) [-0.80268]	0.089239 (0.05229) [ 1.70660]	0.518870 (0.24674) [ 2.10291]
R-squared	0.999668	0.946574	0.989900	0.998301
Adj. R-squared	0.998120	0.697253	0.942766	0.990370
Sum sq. resids	0.000570	0.032425	0.000608	0.013537
S.E. equation	0.009748	0.073513	0.010067	0.047500
F-statistic	645.5544	3.796610	21.00174	125.8830

**Taulukko 5.4. Yhtälöiden 13-15 mukaiset Ruotsin VAR tulosteet**

N=48	LESWE	LRESWE	LYSWE
LESWE(-1)	0.722646 (0.16632) [ 4.34495]	-0.282330 (0.24769) [-1.13985]	-0.058340 (0.04688) [-1.24439]
LRESWE(-1)	0.049432 (0.11182) [ 0.44206]	0.299298 (0.16653) [ 1.79725]	-0.032259 (0.03152) [-1.02342]
LYSWE(-1)	0.233220 (0.57423) [ 0.40615]	0.503553 (0.85517) [ 0.58884]	1.506751 (0.16186) [ 9.30873]
C	4.010362 (1.82124) [ 2.20199]	6.058141 (2.71229) [ 2.23359]	0.763288 (0.51338) [ 1.48680]
LESWE(-2)	0.132886 (0.15704) [ 0.84617]	0.310652 (0.23388) [ 1.32827]	0.044781 (0.04427) [ 1.01160]
LRESWE(-2)	0.037562	0.104466	0.034021



	(0.10400)	(0.15488)	(0.02932)
	[ 0.36117]	[ 0.67449]	[ 1.16050]
LYSWE(-2)	-0.410472	-0.177158	-0.531730
	(0.58402)	(0.86976)	(0.16463)
	[-0.70283]	[-0.20369]	[-3.22992]
R-squared	0.903417	0.811187	0.996834
Adj. R-squared	0.889283	0.783555	0.996370
Sum sq. resids	0.186406	0.413424	0.014811
S.E. equation	0.067428	0.100417	0.019007
F-statistic	63.91757	29.35759	2151.276

**Taulukko 5.5. Yhtälöiden 8-12 mukaiset Norjan VAR tulosteet**

N=32	LYNOR	LRENOR	LEMPNOR	LCAPNOR
LYNOR(-1)	0.703276	5.154722	0.301509	-3.285160
	(0.36502)	(1.99126)	(0.25948)	(3.42462)
	[ 1.92669]	[ 2.58868]	[ 1.16198]	[-0.95928]
LYNOR(-2)	-1.239316	-5.558538	-0.152803	5.019458
	(0.53534)	(2.92040)	(0.38055)	(5.02258)
	[-2.31501]	[-1.90335]	[-0.40153]	[ 0.99938]
LYNOR(-3)	0.190462	1.959610	-0.458584	-2.196372
	(0.56332)	(3.07302)	(0.40044)	(5.28507)
	[ 0.33811]	[ 0.63768]	[-1.14520]	[-0.41558]
LYNOR(-4)	0.337606	4.522684	0.092539	-3.201371
	(0.54035)	(2.94773)	(0.38412)	(5.06960)
	[ 0.62479]	[ 1.53429]	[ 0.24091]	[-0.63148]
LYNOR(-5)	0.201495	-0.060663	-0.624710	-2.175093
	(0.51720)	(2.82145)	(0.36766)	(4.85240)
	[ 0.38959]	[-0.02150]	[-1.69916]	[-0.44825]
LYNOR(-6)	0.962614	0.578229	0.666234	0.271980
	(0.66932)	(3.65130)	(0.47580)	(6.27961)
	[ 1.43819]	[ 0.15836]	[ 1.40025]	[ 0.04331]
LRENOR(-1)	0.032094	-0.955533	0.022559	0.128475
	(0.05808)	(0.31683)	(0.04129)	(0.54490)
	[ 0.55259]	[-3.01588]	[ 0.54641]	[ 0.23578]
LRENOR(-2)	0.034543	-0.945716	0.056638	0.525939
	(0.07308)	(0.39869)	(0.05195)	(0.68567)
	[ 0.47265]	[-2.37207]	[ 1.09019]	[ 0.76704]
LRENOR(-3)	-0.098389	-0.897067	-0.021407	0.741122
	(0.06031)	(0.32902)	(0.04287)	(0.56585)
	[-1.63133]	[-2.72651]	[-0.49930]	[ 1.30975]
LRENOR(-4)	0.033123	-0.143681	-0.083876	-0.766946
	(0.04354)	(0.23751)	(0.03095)	(0.40848)
	[ 0.76077]	[-0.60494]	[-2.71008]	[-1.87757]
LRENOR(-5)	0.134920	0.203287	-0.035888	-0.298521
	(0.05324)	(0.29043)	(0.03785)	(0.49948)
	[ 2.53426]	[ 0.69996]	[-0.94830]	[-0.59766]
LRENOR(-6)	0.091331	0.204037	-0.020119	-0.358055
	(0.07092)	(0.38691)	(0.05042)	(0.66542)
	[ 1.28771]	[ 0.52735]	[-0.39905]	[-0.53809]
LEMPNOR(-1)	0.773557	3.338992	0.593540	-2.946512
	(0.77532)	(4.22956)	(0.55115)	(7.27411)

	[ 0.99772]	[ 0.78944]	[ 1.07692]	[-0.40507]
LEMPNOR(-2)	0.224030	2.933401	0.583683	1.160306
	(0.87508)	(4.77378)	(0.62207)	(8.21008)
	[ 0.25601]	[ 0.61448]	[ 0.93830]	[ 0.14133]
LEMPNOR(-3)	-0.579033	-2.047108	-0.431081	-2.089299
	(0.63627)	(3.47101)	(0.45230)	(5.96954)
	[-0.91004]	[-0.58977]	[-0.95308]	[-0.34999]
LEMPNOR(-4)	-0.445682	-5.578655	0.370785	7.902018
	(0.56820)	(3.09966)	(0.40391)	(5.33088)
	[-0.78437]	[-1.79976]	[ 0.91798]	[ 1.48231]
LEMPNOR(-5)	-1.075037	2.188707	-0.426796	-2.200280
	(0.81428)	(4.44209)	(0.57884)	(7.63964)
	[-1.32023]	[ 0.49272]	[-0.73733]	[-0.28801]
LEMPNOR(-6)	0.693170	10.27717	-0.337795	-9.382466
	(0.76902)	(4.19517)	(0.54667)	(7.21496)
	[ 0.90137]	[ 2.44977]	[-0.61792]	[-1.30042]
LCAPNOR(-1)	-0.003740	-0.402561	0.012726	0.969581
	(0.04992)	(0.27234)	(0.03549)	(0.46837)
	[-0.07491]	[-1.47817]	[ 0.35860]	[ 2.07010]
LCAPNOR(-2)	-0.115489	-0.607243	0.017724	0.175809
	(0.07601)	(0.41463)	(0.05403)	(0.71309)
	[-1.51948]	[-1.46454]	[ 0.32804]	[ 0.24655]
LCAPNOR(-3)	0.023559	0.542045	-0.027839	-0.100181
	(0.05761)	(0.31426)	(0.04095)	(0.54048)
	[ 0.40896]	[ 1.72480]	[-0.67981]	[-0.18535]
LCAPNOR(-4)	-0.001265	0.877372	-0.015918	-0.863944
	(0.06831)	(0.37265)	(0.04856)	(0.64089)
	[-0.01852]	[ 2.35442]	[-0.32781]	[-1.34803]
LCAPNOR(-5)	0.006099	0.137780	-0.025136	-0.305229
	(0.05291)	(0.28865)	(0.03761)	(0.49642)
	[ 0.11527]	[ 0.47733]	[-0.66827]	[-0.61485]
LCAPNOR(-6)	0.013731	-0.293234	-0.002364	0.138627
	(0.06371)	(0.34754)	(0.04529)	(0.59771)
	[ 0.21553]	[-0.84374]	[-0.05220]	[ 0.23193]
C	-2.632295	29.17836	1.739207	-1.599009
	(1.54489)	(8.42770)	(1.09820)	(14.4942)
	[-1.70388]	[ 3.46220]	[ 1.58368]	[-0.11032]
LYNOR(-7)	0.062496	-9.536381	0.398700	8.525725
	(0.78629)	(4.28942)	(0.55895)	(7.37706)
	[ 0.07948]	[-2.22324]	[ 0.71330]	[ 1.15571]
LRENOR(-7)	0.098797	0.685204	0.018373	-0.106423
	(0.07677)	(0.41878)	(0.05457)	(0.72023)
	[ 1.28696]	[ 1.63618]	[ 0.33668]	[-0.14776]
LEMPNOR(-7)	-0.707737	4.095556	-0.114483	1.047488
	(0.45919)	(2.50498)	(0.32642)	(4.30814)
	[-1.54127]	[ 1.63497]	[-0.35072]	[ 0.24314]
LCAPNOR(-7)	-0.029173	-0.187874	0.043384	0.143669
	(0.04909)	(0.26778)	(0.03489)	(0.46053)
	[-0.59431]	[-0.70160]	[ 1.24331]	[ 0.31196]
R-squared	0.999899	0.987288	0.999494	0.997798
Adj. R-squared	0.998959	0.868643	0.994776	0.977250
Sum sq. resids	0.000226	0.006718	0.000114	0.019871
S.E. equation	0.008675	0.047322	0.006166	0.081386
F-statistic	1063.032	8.321379	211.8421	48.55822

**Taulukko 5.6. Yhtälöiden 13-15 mukaiset Norjan VAR tulosteet**

N=47	LENOR	LRENOR	LYNOR
LENOR(-1)	0.481283 (0.16260) [ 2.95985]	0.134784 (0.18759) [ 0.71849]	0.030891 (0.03439) [ 0.89815]
LENOR(-2)	0.527841 (0.17660) [ 2.98888]	-0.096166 (0.20374) [-0.47200]	-0.089989 (0.03735) [-2.40903]
LRENOR(-1)	-0.023476 (0.14396) [-0.16307]	0.284247 (0.16609) [ 1.71142]	0.007502 (0.03045) [ 0.24637]
LRENOR(-2)	-0.048019 (0.14676) [-0.32719]	0.094719 (0.16932) [ 0.55941]	0.029214 (0.03104) [ 0.94107]
LYNOR(-1)	1.068691 (0.78911) [ 1.35431]	0.460738 (0.91038) [ 0.50609]	1.505997 (0.16691) [ 9.02275]
LYNOR(-2)	-0.652558 (1.24924) [-0.52237]	-1.975517 (1.44122) [-1.37072]	-0.729268 (0.26424) [-2.75990]
C	1.000294 (1.38578) [ 0.72183]	6.051228 (1.59875) [ 3.78497]	0.098364 (0.29312) [ 0.33558]
LENOR(-3)	-0.128115 (0.17482) [-0.73282]	0.158672 (0.20169) [ 0.78671]	0.037645 (0.03698) [ 1.01802]
LRENOR(-3)	-0.085641 (0.12772) [-0.67056]	0.184368 (0.14734) [ 1.25127]	-0.006759 (0.02701) [-0.25021]
LYNOR(-3)	-0.251141 (0.74786) [-0.33581]	1.633704 (0.86279) [ 1.89351]	0.199172 (0.15819) [ 1.25910]
R-squared	0.952781	0.958060	0.999250
Adj. R-squared	0.941296	0.947858	0.999067
Sum sq. resids	0.162792	0.216674	0.007283
S.E. equation	0.066331	0.076525	0.014030
F-statistic	82.95421	93.91241	5473.875

**Taulukko 5.7. Yhtälöiden 8-12 mukaiset Islannin VAR tulosteet**

n=17	LYISL	LREISL	LEMPISL	LCAPISL
LYISL(-1)	0.290678 (0.97330) [ 0.29865]	2.423735 (0.89718) [ 2.70151]	0.652174 (0.75908) [ 0.85917]	4.401557 (5.60767) [ 0.78492]
LYISL(-2)	0.362323 (0.64086) [ 0.56537]	1.951945 (0.59074) [ 3.30425]	0.548961 (0.49980) [ 1.09835]	6.489852 (3.69231) [ 1.75767]
LREISL(-1)	-0.235935 (0.20838)	-0.291431 (0.19208)	-0.268517 (0.16252)	-2.405645 (1.20058)

	[-1.13223]	[-1.51722]	[-1.65226]	[-2.00373]
LREISL(-2)	0.284154	0.608963	0.242996	0.462927
	(0.28136)	(0.25936)	(0.21943)	(1.62108)
	[ 1.00991]	[ 2.34796]	[ 1.10737]	[ 0.28557]
LEMPISL(-1)	0.193812	0.026236	0.271627	-3.320207
	(0.66848)	(0.61619)	(0.52134)	(3.85142)
	[ 0.28993]	[ 0.04258]	[ 0.52101]	[-0.86207]
LEMPISL(-2)	0.065288	-0.431930	-0.277534	-2.779092
	(0.95229)	(0.87781)	(0.74269)	(5.48659)
	[ 0.06856]	[-0.49206]	[-0.37369]	[-0.50652]
LCAPISL(-1)	0.106698	-0.321793	-0.042165	-0.012189
	(0.14940)	(0.13772)	(0.11652)	(0.86079)
	[ 0.71416]	[-2.33658]	[-0.36187]	[-0.01416]
LCAPISL(-2)	0.039135	0.013434	-0.008436	-0.129796
	(0.09330)	(0.08600)	(0.07276)	(0.53753)
	[ 0.41946]	[ 0.15620]	[-0.11594]	[-0.24146]
C	1.423503	-65.63810	-11.48845	-165.2015
	(16.9108)	(15.5881)	(13.1886)	(97.4311)
	[ 0.08418]	[-4.21077]	[-0.87109]	[-1.69557]
LYISL(-3)	0.298767	2.081098	-0.030763	4.173221
	(0.70943)	(0.65394)	(0.55328)	(4.08735)
	[ 0.42114]	[ 3.18239]	[-0.05560]	[ 1.02101]
LREISL(-3)	-0.226601	-2.726768	-0.310661	-2.379489
	(0.36436)	(0.33586)	(0.28416)	(2.09924)
	[-0.62192]	[-8.11876]	[-1.09326]	[-1.13350]
LEMPISL(-3)	0.510393	1.783818	-0.239663	-0.124745
	(1.00351)	(0.92502)	(0.78263)	(5.78169)
	[ 0.50861]	[ 1.92841]	[-0.30623]	[-0.02158]
LCAPISL(-3)	-0.149781	-0.234173	-0.014540	-1.188951
	(0.08537)	(0.07869)	(0.06658)	(0.49183)
	[-1.75460]	[-2.97594]	[-0.21840]	[-2.41740]
R-squared	0.995704	0.999219	0.984741	0.982621
Adj. R-squared	0.982818	0.996877	0.938964	0.930485
Sum sq. resids	0.002502	0.002126	0.001522	0.083069
S.E. equation	0.025012	0.023056	0.019507	0.144108
F-statistic	77.26631	426.5452	21.51159	18.84720

**Taulukko 5.8. Yhtälöiden 13-15 mukaiset Islannin VAR tulosteet**

N=48	LEISL	LREISL	LYISL
LEISL(-1)	0.382100	-0.352174	-0.016672
	(0.16028)	(0.20223)	(0.08269)
	[ 2.38395]	[-1.74147]	[-0.20163]
LREISL(-1)	-0.044307	1.311597	0.044356
	(0.10540)	(0.13298)	(0.05437)
	[-0.42038]	[ 9.86287]	[ 0.81576]
LYISL(-1)	0.277015	0.490660	1.273731
	(0.31075)	(0.39208)	(0.16031)
	[ 0.89144]	[ 1.25144]	[ 7.94529]
C	1.541548	-2.717861	1.560797
	(1.17836)	(1.48675)	(0.60790)
	[ 1.30821]	[-1.82805]	[ 2.56750]

LEISL(-2)	0.113342 (0.16143) [ 0.70210]	0.542480 (0.20368) [ 2.66339]	-0.057242 (0.08328) [-0.68733]
LREISL(-2)	0.101966 (0.11512) [ 0.88576]	-0.489606 (0.14524) [-3.37093]	0.018056 (0.05939) [ 0.30404]
LYISL(-2)	-0.232858 (0.28540) [-0.81589]	-0.257568 (0.36010) [-0.71527]	-0.378657 (0.14724) [-2.57175]
R-squared	0.877862	0.992676	0.996080
Adj. R-squared	0.859989	0.991604	0.995507
Sum sq. resids	0.177714	0.282905	0.047297
S.E. equation	0.065837	0.083067	0.033965
F-statistic	49.11451	926.1771	1736.542

**Taulukko 5.9. Yhtälöiden 8-12 mukaiset Tanskan VAR tulosteet**

N=35	LYDNK	LREDNK	LEMPDNK	LCAPDNK
LYDNK(-1)	0.351103 (0.34105) [ 1.02946]	-2.561931 (2.21413) [-1.15708]	0.065896 (0.13428) [ 0.49074]	-1.952138 (1.63364) [-1.19496]
LYDNK(-2)	0.358271 (0.42313) [ 0.84671]	1.522262 (2.74700) [ 0.55415]	-0.073322 (0.16660) [-0.44012]	3.270280 (2.02680) [ 1.61352]
LYDNK(-3)	0.214085 (0.47887) [ 0.44706]	1.617466 (3.10886) [ 0.52028]	0.133053 (0.18854) [ 0.70570]	-0.829703 (2.29379) [-0.36172]
LYDNK(-4)	-0.607114 (0.36750) [-1.65201]	5.667397 (2.38582) [ 2.37545]	0.293343 (0.14469) [ 2.02737]	-0.394822 (1.76031) [-0.22429]
LYDNK(-5)	-0.411140 (0.54938) [-0.74838]	-6.570453 (3.56657) [-1.84223]	0.168278 (0.21630) [ 0.77798]	-2.045104 (2.63149) [-0.77716]
LYDNK(-6)	1.236493 (0.64200) [ 1.92601]	3.862906 (4.16787) [ 0.92683]	-0.261994 (0.25277) [-1.03650]	6.150083 (3.07515) [ 1.99993]
LREDNK(-1)	0.119058 (0.06740) [ 1.76632]	0.482512 (0.43759) [ 1.10265]	-0.027567 (0.02654) [-1.03878]	0.124421 (0.32286) [ 0.38537]
LREDNK(-2)	-0.051221 (0.05511) [-0.92944]	0.322458 (0.35777) [ 0.90130]	0.045328 (0.02170) [ 2.08909]	-0.189144 (0.26397) [-0.71653]
LREDNK(-3)	0.012033 (0.04765) [ 0.25255]	0.724003 (0.30931) [ 2.34068]	0.027071 (0.01876) [ 1.44313]	0.217093 (0.22822) [ 0.95125]
LREDNK(-4)	-0.091577 (0.05083) [-1.80146]	-0.306851 (0.33002) [-0.92979]	-0.019116 (0.02001) [-0.95512]	0.110382 (0.24350) [ 0.45332]
LREDNK(-5)	-0.045613 (0.06235) [-0.73156]	-0.123465 (0.40478) [-0.30502]	-0.049137 (0.02455) [-2.00161]	-0.437056 (0.29866) [-1.46340]
LREDNK(-6)	-0.039662	-0.786354	-0.016986	-0.150963

	(0.08506)	(0.55224)	(0.03349)	(0.40745)
	[-0.46626]	[-1.42394]	[-0.50717]	[-0.37050]
LEMPDNK(-1)	-0.843649	3.735101	-0.121695	-7.524665
	(0.85159)	(5.52853)	(0.33529)	(4.07908)
	[-0.99068]	[ 0.67560]	[-0.36296]	[-1.84470]
LEMPDNK(-2)	-0.771969	-7.591157	0.157834	0.849459
	(1.03790)	(6.73808)	(0.40864)	(4.97151)
	[-0.74378]	[-1.12661]	[ 0.38624]	[ 0.17087]
LEMPDNK(-3)	0.964677	-6.991944	-1.154833	0.412120
	(0.98055)	(6.36577)	(0.38606)	(4.69681)
	[ 0.98381]	[-1.09837]	[-2.99131]	[ 0.08774]
LEMPDNK(-4)	-0.257263	-0.990959	-0.002443	-2.093602
	(0.91700)	(5.95316)	(0.36104)	(4.39238)
	[-0.28055]	[-0.16646]	[-0.00677]	[-0.47664]
LEMPDNK(-5)	0.308388	-3.521958	0.296571	0.358977
	(0.75754)	(4.91800)	(0.29826)	(3.62861)
	[ 0.40709]	[-0.71614]	[ 0.99434]	[ 0.09893]
LEMPDNK(-6)	0.956531	8.158446	-0.043384	5.006679
	(0.81896)	(5.31673)	(0.32244)	(3.92280)
	[ 1.16798]	[ 1.53449]	[-0.13455]	[ 1.27630]
LCAPDNK(-1)	-0.108909	-0.094542	0.071122	0.704116
	(0.08734)	(0.56704)	(0.03439)	(0.41837)
	[-1.24690]	[-0.16673]	[ 2.06818]	[ 1.68298]
LCAPDNK(-2)	0.112969	-0.230821	-0.044626	-0.095662
	(0.13475)	(0.87479)	(0.05305)	(0.64544)
	[ 0.83837]	[-0.26386]	[-0.84117]	[-0.14821]
LCAPDNK(-3)	-0.134374	0.279163	0.024858	-0.140502
	(0.10393)	(0.67473)	(0.04092)	(0.49783)
	[-1.29290]	[ 0.41374]	[ 0.60748]	[-0.28223]
LCAPDNK(-4)	0.058189	-0.456817	0.036681	0.098578
	(0.09482)	(0.61557)	(0.03733)	(0.45418)
	[ 0.61368]	[-0.74210]	[ 0.98255]	[ 0.21704]
LCAPDNK(-5)	0.037443	1.051111	-0.044087	0.031939
	(0.11191)	(0.72655)	(0.04406)	(0.53607)
	[ 0.33456]	[ 1.44671]	[-1.00056]	[ 0.05958]
LCAPDNK(-6)	-0.183572	-0.459527	0.096941	-0.748543
	(0.12610)	(0.81862)	(0.04965)	(0.60400)
	[-1.45580]	[-0.56134]	[ 1.95261]	[-1.23931]
C	1.172053	-100.4537	-7.930985	-69.11018
	(7.48349)	(48.5830)	(2.94639)	(35.8457)
	[ 0.15662]	[-2.06767]	[-2.69176]	[-1.92799]
LYDNK(-7)	-0.087929	1.307156	0.346447	0.130033
	(0.55713)	(3.61691)	(0.21935)	(2.66864)
	[-0.15782]	[ 0.36140]	[ 1.57941]	[ 0.04873]
LREDNK(-7)	0.124317	0.165759	-0.030392	0.143506
	(0.06477)	(0.42051)	(0.02550)	(0.31026)
	[ 1.91926]	[ 0.39418]	[-1.19173]	[ 0.46253]
LEMPDNK(-7)	-0.283577	6.083117	0.680587	1.252693
	(0.69828)	(4.53325)	(0.27493)	(3.34474)
	[-0.40611]	[ 1.34189]	[ 2.47553]	[ 0.37453]
LCAPDNK(-7)	0.067931	-0.241144	-0.073793	0.152825
	(0.07023)	(0.45593)	(0.02765)	(0.33640)
	[ 0.96727]	[-0.52890]	[-2.66873]	[ 0.45430]
R-squared	0.999091	0.999657	0.996793	0.997483
Adj. R-squared	0.994850	0.998054	0.981826	0.985739

Sum sq. resids	0.001322	0.055733	0.000205	0.030340
S.E. equation	0.014846	0.096378	0.005845	0.071110
F-statistic	235.5693	623.8119	66.60085	84.93221
Log likelihood	128.5516	63.08154	161.1758	73.72334
Akaike AIC	-5.688665	-1.947517	-7.552902	-2.555620
Schwarz SC	-4.399949	-0.658800	-6.264185	-1.266903
Mean dependent	25.61092	20.58574	7.940235	23.96035
S.D. dependent	0.206869	2.184843	0.043357	0.595463

**Taulukko 5.10. Yhtälöiden 13-15 mukaiset Tanskan VAR tulosteet**

N=48	LEDNK	LREDNK	LYDNK
LEDNK(-1)	0.474619 (0.15441) [ 3.07378]	0.502757 (0.26841) [ 1.87310]	0.047913 (0.04357) [ 1.09956]
LREDNK(-1)	-0.107637 (0.08062) [-1.33515]	1.346245 (0.14014) [ 9.60654]	0.004488 (0.02275) [ 0.19728]
LYDNK(-1)	0.456790 (0.63670) [ 0.71744]	0.474007 (1.10677) [ 0.42828]	0.946938 (0.17968) [ 5.27021]
C	2.230536 (2.54653) [ 0.87591]	-12.23880 (4.42663) [-2.76481]	1.609594 (0.71863) [ 2.23979]
LEDNK(-2)	0.183808 (0.15328) [ 1.19920]	-0.641182 (0.26644) [-2.40647]	-0.014821 (0.04325) [-0.34263]
LREDNK(-2)	0.093306 (0.07783) [ 1.19886]	-0.412173 (0.13529) [-3.04659]	0.002695 (0.02196) [ 0.12272]
LYDNK(-2)	-0.386984 (0.60092) [-0.64398]	0.119737 (1.04458) [ 0.11463]	-0.029019 (0.16958) [-0.17112]
R-squared	0.639527	0.997176	0.995713
Adj. R-squared	0.586775	0.996763	0.995085
Sum sq. resids	0.258844	0.782146	0.020614
S.E. equation	0.079456	0.138119	0.022423
F-statistic	12.12323	2412.987	1587.038

## Liite 6. Parittaisten Granger-kausaalisuustestien tulosteet

	Suomi		Ruotsi		Tanska		Islanti		Norja	
0-hypoteesi	n	F-testiarvo	n	F-testiarvo	n	F-testiarvo	n	F-testiarvo	n	F-testiarvo
DLRE does not Granger Cause DLY	49	6,528**	49	0,30716	49	1,62432	49	0,51430	49	0,48306
DLY does not Granger Cause DLRE		1,43408		1,57834		0,62825		0,00206		1,89529
DLEMP does not Granger Cause DLY	39	1,77134	40	3,757*	40	2,83189	18	0,00448	37	9,484***
DLY does not Granger Cause DLEMP		15,165***		4,926**		7,110**		3,090*		14,601***
DLE does not Granger Cause DLY	48	3,405*	48	0,04220	48	2,07068	48	0,07603	48	3,678*
DLY does not Granger Cause DLE		0,08006		2,07739		2,56979		1,60733		5,346**
DLCAP does not Granger Cause DLY	49	4,392**	49	8,433***	43	4,975**	49	0,00924	49	0,47429
DLY does not Granger Cause DLCAP		11,015***		2,77525		2,18801		1,68820		2,71438
DLEMP does not Granger Cause DLRE	39	1,06301	40	6,9E-05	40	0,177	18	6,354**	37	0,01144
DLRE does not Granger Cause DLEMP		2,41534		0,20348		0,96590		8,673***		0,09071
DLE does not Granger Cause DLRE	48	3,801*	48	0,15361	48	2,77684	48	6,150**	48	1,64066
DLRE does not Granger Cause DLE		1,45794		0,87737		4,300**		0,01553		1,00469
DLCAP does not Granger Cause DLRE	49	2,24887	49	1,29610	43	0,44369	49	0,65636	49	1,95666
DLRE does not Granger Cause DLCAP		6,929**		0,13240		1,63982		0,30135		2,32765
DLE does not Granger Cause DLEMP	38	0,59318		2,70047	39	1,00521	17	0,39217		0,37495
DLEMP does not Granger Cause DLE		0,92932	39	0,11070		0,39465		0,48661	36	7,999***
DLCAP does not Granger Cause DLEMP	39	0,02583	40	0,83898	40	7,655***	18	4,139*	37	0,83415
DLEMP does not Granger Cause DLCAP		0,44163		0,23997		6,519**		8,277**		0,08702
DLCAP does not Granger Cause DLE	48	1,14536	48	0,16314	42	0,42525	48	0,98995	48	0,99323
DLE does not Granger Cause DLCAP		12,401***		0,00558		2,50383		0,02059		0,31945